

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ ЦЕНТР НАУК О ЗЕМЛЕ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
КАФЕДРА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ**

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

**IX Университетских геологических чтений
Минск, 3 апреля 2015 г.**

**МИНСК
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГУ
2015**

УДК 55(476)(06)+550.81(06)

ББК 26.3(4Бел)я431

П78

Редакционная коллегия:

первый проректор БГУ,
д-р физ.-мат. наук, проф. *М. А. Журавков* (главный редактор);
декан географического факультета,
д-р геогр. наук, доц. *Д. Л. Иванов* (зам. главного редактора);
проф. каф. инженерной геологии и геофизики БГУ,
д-р геол.-мин. наук *А. Ф. Санько* (ответственный редактор);
зав. каф. динамической геологии БГУ,
д-р геогр. наук, проф. *В. Н. Губин*;
проф. каф. инженерной геологии и геофизики БГУ,
д-р геол.-мин. наук *В. И. Зуй*;
доц. каф. инженерной геологии и геофизики БГУ,
канд. геол.-мин. наук, доц. *О. В. Лукашёв*;
доц. каф. динамической геологии БГУ,
канд. геол.-мин. наук, доц. *Н. С. Петрова*;
ст. препод. каф. инженерной геологии и геофизики БГУ
канд. геогр. наук, *Д. Л. Творонович-Севрук*

Рецензенты:

Генеральный директор Государственного предприятия «БелНИГРИ»,
канд. геол.-мин. наук *А. М. Ковхута*;
директор Государственного предприятия «Белгосгеоцентр»,
канд. геол.-мин. наук *В. Д. Коркин*

Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального
П78 недропользования: материалы IX Университетских геол. чтений, 3 апр. 2015 г., Минск,
Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. –
Минск: Изд. центр БГУ, 2015. – 140 с.

ISBN 78-985-553-110-5

В сборнике материалов IX Университетских геологических чтений отражены проблемы региональной геологии и геодинамики, поисков месторождений полезных ископаемых, а также проблемы четвертичной геологии, стратиграфии, палеонтологии, экологической геологии и рационального недропользования.

Адресуется преподавателям, научным работникам, аспирантам, студентам вузов и специалистам производственных организаций геологического профиля.

УДК 55(476)(06)+550.81(06)

ББК 26.3(4Бел)я431

ISBN 978-985-553-110-5

© Коллектив авторов, 2015

© БГУ, 2015

В. И. Зуй, В. Н. Губин, А. Ф. Санько, Л. И. Мурашко
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ВКЛАД АКАДЕМИКА Г. В. БОГОМОЛОВА В ИЗУЧЕНИИ НЕДР БЕЛАРУСИ



17 марта 2015 года исполнилось 110 лет со дня рождения академика, доктора геолого-минералогических наук, профессора Герасима Васильевича Богомолова, общественного и государственного деятеля Советского Союза, трижды лауреата Государственных премий СССР и БССР, член-корреспондента Академии наук Франции и Бельгии, орденоснца, первого отечественного Почетного президента Международной ассоциации гидрологических наук (МАГН). Научные и практические интересы Г.В. Богомолова охватывали широкий круг вопросов, относившихся ко многим разделам геологии: структурной геологии; гидрогеологии, исторической гидрогеологии, региональной гидрогеологии, палеогидрогеологии, гидрофизики, мелиоративной гидрогеологии гидрогеодинамики, гидрогеотермии, гидрогеохимии, поровых растворов, геологии нефти и газа, геоэкологии и др.

Герасим Васильевич родился в с. Слизнево Сычевского уезда Смоленской области в семье крестьянина-бедняка, до семнадцати лет жил в родной деревне и трудился в хозяйстве отца. Его родители периодически работали по найму.

В 1923 г. Герасим Васильевич поступил на учебу в Московскую горную академию, которую окончил в 1928 г. Он успешно защитил дипломную работу «Гидрогеологические исследования для водоснабжения г. Минска и расчет вододобывающих сооружений». После окончания учебы он был оставлен в Горной академии для работы в качестве преподавателя.

В 1930 г. по мобилизации Герасим Васильевич был направлен в Бюро подземных вод Института сооружений, где в должности гидрогеолога принял активное участие в работах по водоснабжению г. Минска [Круподеров, Соколовский, 2005].

В 1933 г. он защитил на Ученом совете Московского геологоразведочного института кандидатскую диссертацию «К методике определения производительности водоносных пластов откачкой».

В 1939 г. Герасим Васильевич завершил работу по разработке стратификации коренных и ледниковых отложений, характеристике их водоносности, а также геологических структур, перспективных для поисков нефти, угля, соли, рассолов и получения подземных вод. В 1940 г. на заседании Ученого совета Ленинградского горного института эта работа единогласно была признана достойной присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

В 1940 г. он избирается членом-корреспондентом, а в послевоенные годы и академиком Академии наук Белорусской ССР.

В 1950 году Герасим Васильевич был назначен заместителем Министра геологии СССР, членом коллегии министерства, заместителем главного редактора журнала «Советская геология». Одновременно он читал лекции в МГРИ. Г.В. Богомолов являлся учеником профессора Московского геологоразведочного института Г.Н. Каменского, впоследствии (1953 г.) – член-корреспондента АН СССР, и стоял у истоков признания гидрогеологии как одной из важнейших составляющих геологической службы СССР.

В 1952 г. за открытие месторождения калийных солей в Беларуси Герасиму Васильевичу Богомолову была присуждена Государственная (Сталинская) премия.

В 1953 году Министерство геологии СССР было ликвидировано и Г.В. Богомолов был назначен заместителем академика-секретаря Отделения геолого-географических наук АН СССР и работал в качестве старшего научного сотрудника Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР им. Ф.П. Саваренского. Одновременно Г.В. Богомолов продолжает также свою деятельность и в Беларуси, где впоследствии он занимает должность директора Института геологических наук АН БССР.

В течение многих лет Герасим Васильевич выполнял научные исследования, относящиеся к территории Беларуси, и в своей практической деятельности сформировался как ученый, интересующийся общими геологическими проблемами. Он посвящал свои работы таким направлениям как геологическая съемка, региональная геология, гидрогеология, тектоника, геотермия и др. В гидрогеологических исследованиях он проявлял заинтересованность в региональных обобщениях, оценке запасов подземных вод и комплексных опытно-фильтрационных работах, искусственном восполнении запасов подземных вод и технологии строительства водозаборных скважин [Гарецкий и др., 2005].

Заметен вклад Г.В. Богомоллова и в развитие геологического картирования на территории Беларуси как важнейшего источника получения новых геологических данных. Еще в 1939 г. под его руководством была составлена первая геологическая карта коренных отложений Беларуси в масштабе 1:1 000 000. Впоследствии он неоднократно возвращался к работам по картированию Беларуси, в частности к составлению карты поверхности кристаллического фундамента.

Будучи еще молодым специалистом-гидрогеологом, он в 1928 г. был приглашен в качестве гидрогеолога к поискам источников водоснабжения Минска, которые проводились под руководством профессора МГУ. Г.Ф. Мирчинка [Гарецкий и др., 2005]. Программа работ включала бурение в окрестностях Минска (деревни Новинки, Петровщина, Степянка и Дражня) ряда гидрогеологических скважин глубиной до 180 м. В те годы при прямом участии и руководстве Г.В. Богомоллова было обосновано место заложения и пробурена первая скважина в западной части СССР до глубины 390 м, располагавшаяся в нынешнем парке Горького рядом с цирком на противоположном берегу Свислочи. Она вскрыла известную впоследствии как минская минеральная вода.

С именем Герасима Васильевича Богомоллова так или иначе связаны первые полевые исследования 1928–1929 гг. с постановкой опытно-фильтрационных и опытно-миграционных работ в гидрогеологических скважинах, пробуренных в окрестностях г. Минска в бассейне р. Свислочи. В работах по изысканию источников водоснабжения для Минска впервые были заложены подходы и требования к выполнению опытно-фильтрационных работ для оценки запасов подземных вод для целей водоснабжения. В то время это было значительным новшеством в работах по обоснованию водоснабжения столицы Беларуси – опробование водоносных горизонтов посредством откачек. По результатам проведенных исследований еще в 1929 году Герасим Васильевич писал: «Несмотря на наличие водоносных горизонтов в коренных и послечетвертичных отложениях, наиболее подходящим для водообеспечения г. Минска в настоящее время является межморенный водоносный горизонт, содержащий в себе воду прекрасного качества и в достаточном количестве» [Алексеев и др., 2005].

Г.В. Богомоллов всегда поддерживал ученых и их работы, которые представляли не только теоретический, но и практический интерес. Первые работы по обоснованию искусственного восполнения запасов подземных вод в Республике Беларусь, поддерживаемые академиком, были выполнены в 1974–1976 гг. в пойме р. Днепр. Опытный водозабор в районе г. Речица показал реальность использования подобных инфильтрационных водозаборов.

Отдавая много сил делу становления ВСЕГИНГЕО, Г.В. Богомоллов в 1940–1941 гг. возглавлял гидрогеологическую экспедицию, разрабатывающую проект осушения Полесья. Одновременно с этим он был консультантом Наркомхоза БССР. Изучая природные условия Припятского Полесья, с учетом мирового опыта Г.В. Богомоллов пришел к выводу, что наиболее оптимальные условия на массивах осушения могут обеспечивать мелиоративные системы с двухсторонним регулированием водного режима.

Начало геотермических работ в БССР также связаны с именем Герасима Васильевича, который организовал регулярные исследования теплового режима недр республики и прилегающих территорий в Лаборатории геохимических проблем АН БССР. Начиная с 1964 г. им был создан сектор геотермии глубинных зон, затем преобразованный в отдел гидрохимии подземных вод и геотермии (1971–1977 гг.) Института геохимии и геофизики АН БССР, и затем – в лабораторию тепломассопереноса в земных недрах (1977–1982 гг.), которую он возглавлял до конца жизни. После его ухода из жизни этот коллектив был преобразован с 1982 г. в лабораторию геотермии, где его ученики развивали это направление до наших дней.

После создания сектора геотермии глубинных зон ученый много внимания уделяет подготовке научных кадров – специалистов по геологии, геофизике, гидрогеологии, математическим методам и моделированию, аппаратурному обеспечению геотермических исследований. Герасим Васильевич создал белорусскую геотермическую школу. В этот период кандидатские диссертации защитили Л.А. Цыбуля – 1969 г., П.П. Атрощенко – 1974 г., А.П. Пинчук – 1975 г., М.Д. Пархомов – 1987 г., а через целевую аспирантуру Московского института нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина – В.И. Зуй – 1977 г. и В.Г. Левашкевич – 1979 г. Последние позже стали докторами наук.

На основе изучения термограмм глубоких скважин, пробуренных на территории Беларуси: Дрисса – 560 м, Минск – 517 м и других, с привлечением данных по Ельской (2782 м) и Московской (1200 м) скважинам Г.В. Богомоллов приходит к выводу о вариациях величин геотермических ступеней в зависимости от вещественного состава горных пород, слагающих геологические разрезы. Г.В. Богомоллов считал, что характер изменения геотермической ступени зависит от интенсивности циркуляции подземных вод, глубины залегания кровли кристаллических пород, структурного положения точек наблюдений. Отсюда следовал вывод о возмущении температурного поля зоны активного водообмена вследствие фильтрации и, в первую очередь, инфильтрации подземных вод, создающих конвективный теплоперенос и в итоге – нестационарность теплового поля.

Основываясь на данных геотермических исследований в Беларуси, Г.В. Богомоллов ставит проблему использования термальных рассолов, как для лечебных целей, так и для извлечения тепла. В совместной с Д.Г. Протасеней работе было отмечено, что среди других геологических структур Беларуси наиболее перспективным для извлечения термальных вод является Припятский прогиб, где

выявлены высокоминерализованные воды с температурой до 50 °С на глубинах до 2500–3000 м. Авторы считали «...этот район наиболее перспективным для получения термальных вод, которые могут быть использованы для теплоснабжения Гомеля». В то же время они отмечали что подземные воды Белорусской антеклизы, температура которых не превышает 20°С, являются малоперспективными для теплоснабжения.

Основные закономерности температурного поля Припятского прогиба были отмечены Г.В. Богомоловым с учениками уже в первые годы его изучения, причем определяющая роль отводилась изучению плотности глубинных тепловых потоков. Впервые было установлено, что плотность теплового потока возрастает от западных и южных бортов прогиба к северо-восточной его части, где она достигает максимальных величин в 55–62 мВт/м². Наименьшие значения потока связывались с областями питания подземных вод, повышенные – с областями их разгрузки. Хотя эти сведения несколько отличаются от более поздних результатов, полученных на основе экспериментальных данных, основные тенденции в структуре теплового потока здесь отмечены правильно.

Ряд новых идей и результатов по геотермическим исследованиям, их практические приложения и теоретические выводы содержатся в совместных работах Г.В. Богомолова с П.П. Атрощенко, В.Н. Бескопыльным, Ю.Г. Богомоловым, И.М. Дворовым, В.И. Зуем, О.С. Крыловой, Е.А. Любимовой, М.Д. Пархомовым, А.А. Пахольчуком, А.П. Пинчуком, Д.Г. Протасеней, П.Б. Цалко, Л.А. Цыбулей и др. По результатам исследований в Беларуси выходит из печати ряд публикаций Г.В. Богомолова, его учеников и коллег, посвященных различным аспектам теплопереноса в земных недрах, связи теплового поля с геологическим строением республики, гидрогеологическими условиями, нефтеносностью и т. п. Отметим заслугу академика Богомолова также в создании в 1970 г. первого монографического описания гидрогеологических условий Беларуси – 2-го тома в огромном фундаментальном описании подземных вод всей территории бывшего СССР.

Отмечая благоприятные условия для миграции флюидов в зонах повышенной раздробленности горных пород вдоль глубинных разломов в северной зоне Припятского прогиба и увязывая это с повышенной напряженностью геотемпературного поля, Г.В. Богомолов указывает и на возможность выявления здесь промышленных скоплений ртути, полиметаллов, флюорита, бериллия, а также редких и рассеянных элементов и алмазов в трубках взрыва в зоне сочленения Припятского прогиба с Украинским щитом и Белорусским кристаллическим массивом, а также в их пределах.

Фундаментальные исследования геологических условий западных регионов СССР позволили Г.В. Богомолову еще в довоенные годы высказать представления о тектоническом строении территории Белоруссии и о возможности наличия здесь таких полезных ископаемых, как соль, нефть, газ, железные руды, уголь. Эти прогнозы показаны на геологической карте коренных отложений БССР, составленной им в предвоенный период. Он последовательно развивал идею создания и использования бесфильтровых скважин. Одна из первых работ на эту тему была опубликована еще в 1938 г. Бесфильтровые скважины используются в настоящее время и на ряде водозаборов Беларуси.

К крупнейшим работам Герасима Васильевича можно отнести «Геологические исследования в бассейне р. Свислочь» (совместно с М.А. Вевировской, 1933), «Подземные воды БССР и их краткая характеристика» (1937), «Справочник по подземным водам БССР с гидрогеологическими профилями и картами» (1941), «Геологические структуры территории БССР и краткая характеристика развития дочетвертичного и четвертичного рельефа» (1946), «Гидродинамика и геотермия нефтяных структур» (1970), «Гидрогеология, гидрохимия, геотермия геологических структур» (1971), «Геотермическая зональность территории БССР» (1972) и ряд других. Особо следует отметить, что «Геологическая карта коренных отложений БССР м-ба 1:1 000 000 с пояснительной запиской» была издана в 1942 г., когда БССР находилась под оккупацией фашистских захватчиков.

Занимаясь исследованиями в Беларуси, Г.В. Богомолов не только изучал подземные горизонты пресных и минеральных подземных вод, обосновывал наличие залежей нефти, но и стоял у истоков открытия в республике месторождений калийных солей, развития горнодобывающей промышленности, возглавлял Научный совет по проблемам Солигорских калийных месторождений.

За многолетние заслуги перед страной он заслуженно получил звание лауреата Государственных премий СССР и БССР. За плодотворную научную и производственную деятельность, а также за большой вклад, внесенный в укрепление обороны страны, Г.В. Богомолов награжден орденом Красной Звезды и медалями «За оборону Москвы» и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне». Он представлял отечественную геологическую науку не только в СССР, но и за рубежом, занимая ряд важных постов в международных научных организациях водного и геологического профиля (ЮНЕСКО, КОВАР и др.), получив в 1979 году в Канберре (Австралия) статус Почетного президента Международной ассоциации гидрологических наук (МАГН).

Сильное влияние на ученого оказало знакомство с Президентом Индии Джавахарлалом Неру. Во время празднования 100-летия Геологической службы Индии Герасим Васильевич неоднократно встречался с Джавахарлалом Неру и его дочерью Индирой, ставшей в дальнейшем Премьер-министром Индии. На таких встречах он затрагивал различные вопросы, в том числе ставил вопрос о возможности сотрудничества с Советским Союзом в поисках нефти в Индии.

Герасима Васильевича отличали редкая человеческая доброжелательность и простота в общении, аналитический склад ума, нацеленность на результат, деликатность и доступность в общении с коллегами, стремление поддержать их в исследованиях. Он умел легко гасить возникавшие конфликты и мобилизовать коллектив на решение поставленных задач. В Герасиме Васильевиче блестяще уживались ученый, преподаватель, геолог-практик – первооткрыватель ряда различных месторождений полезных ископаемых и выдающийся организатор науки.

1. Алексеев В., Алиев Ф., Антонов В. и др. Академик Герасим Васильевич Богомолов (100-летие со дня рождения – жизнь и научная деятельность) // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г.В. Богомолова. – Минск, 1–3 июня 2005 г. Том I. С. 14–18).

2. Гарецкий Р., Зуй В., Калинин М., Лиштван И. и др. Вклад академика Г.В. Богомолова в развитие геологических и гидрогеологических исследований в Беларуси // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г.В. Богомолова. – Минск, 1–3 июня 2005 г. Том I. С. 23–25).

3. Круподеров В., Соколовский Л. Сто лет со дня рождения Герасима Васильевича Богомолова – организатора и первого директора ВСЕГИНГЕО // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г.В. Богомолова. – Минск, 1–3 июня 2005 г. Том I. С. 28–29).

УДК 642.131.4

Али А. А. Аль-Робай

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

СТРАТИГРАФИЯ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ АЛЛЮВИЙ ИРАКА

В геологическом прошлом этот регион являлся пойменной частью вытянутой геосинклинали, заполнявшейся породами осадочного происхождения мощностью около 300 м. Основными титаническими событиями явились выбросы, погружения и опрокидывания. Формирование осадочного чехла платформы происходило в течение палеозоя и раннего мезозоя и в значительной мере протекало в зависимости от основных платформенных структур (прогибов и поднятий). Разделены разломами различной глубины. Это приводило аккумуляционное пространство к несогласиям в осадочном чехле.

В тектонике Ирака выделяется три зоны:

- А) Разлом на северо–востоке территории, соседствующий с горами Загрос.
- Б) образовавшийся 30 – 50 миллионов лет назад складчатый пояс Загроса (север Ирака). Общая мощность отложений складчатой зоны Загроса оценивается в 7 – 8 тыс. м.
- В) Месопотамский бассейн (центр и юг Ирака) – характеризуется полным отсутствием горообразования. Распространяется от низких гор на севере до Аравийского залива на юге.

Продолжавшееся в четвертичное время прогибание Месопотамской впадины влияло на всю геоморфологию страны. Почти вся южная ее половина представляет собой аккумулятивную равнину, образованную новейшим аллювием рек Тигр и Евфрат.

В строении Ирака принимают участие палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования. Кайнозойская группа представлена отложениями палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. В отдельных частях территории с поверхности или вблизи не обнаруживаются отложения неогеновой системы – миоценовые и плиоценовые.

Изменившийся шельф неогеновой системы

Нижнемиоценовые отложения широко распространены в долине р. Евфрат и представлены разновидностями известняков. На правом берегу реки эти отложения слагают обширные платообразные равнины, простирающиеся в сторону Сирийской пустыни. Вдоль равнины известняки наблюдаются непрерывно. В равнинных частях страны известняки залегают почти с поверхностью. Большинство разновидностей известняков характеризуются трещиноватостью, кавернозностью и закарстованностью. Известняки западных и центральных равнинных частей страны обычно залегают горизонтально. Считается, что когда формировались евфратские известняки, данный район был расположен на окраине морского бассейна, а колебания его дна приводили к существенным фаціальным изменениям на близлежащей территории.

Среднемиоценовые отложения широко развиты в северной части страны в долине среднего течения р. Тигр. Они состоят из перемежающихся слоев глины, мергелей, аргиллитов, известняков, гипсов и ангидритов, характеризующихся частой сменой как в разрезе, так и по простираению. В отложениях наблюдается интенсивный процесс физического выветривания, распространяющийся на большую глубину.

Верхнемиоценовые отложения широко развиты в южной части страны, где ими сложена обширная пустыня, замыкающая древнюю долину р. Евфрат. Эта фация представлена озерно–территориальными

глинами, песчаными мергелями, аргиллитами, алеврометами и микроконгломератами, находящимися между собою в чередовании.

Плиоценовые отложения распространены преимущественно в северной и северо-восточной частях страны, в долине р. Тигр, это древнеаллювиальные конгломераты.

Четвертичная система

В Ираке древние и современные континентальные отложения различной мощности широко распространены. Помимо речных пойм и надпойменных террас они слагают обширные равнинные пространства, встречающиеся почти во всех частях страны.

Генетически четвертичные отложения разделяют на разновидности:

- аллювиальные (доминирующие)
- делювиально-пролювиальные
- аллювиально-озерные
- аллювиально-озерно-болотные
- овражные
- элювиальные
- эоловые
- хемогенные
- ирригационные.

1. Аль-Робай, Али, А. А. Особенности формирования грунтовых отложений Месопотамской зоны Ирака / Али А. А. Аль-Робай // Вестник БНТУ. – 2013. – № 4. – С. 63-66.

2. Элердашвили, С. И. Гидрогеология и инженерная геология Ирака / С. И. Элердашвили. - М.: 1973. - 352 с.

3. Buday, T. Regional Geology of Iraq Stratigraphy / T.I. Buday, I. M Kassab, S.Z. Jassim, D. G. Geol. Surv. Min. Invest. Publ.1980. №1. – 445 p.

4. Кадими, Д. Абд и Сисакян В. Структурная карта Ирака / Кадими, Д. Абд и Сисакян В. Хачик // Генеральный Компания для геологоразведочных и горнодобывающих, Багдад. 1996, -5 p.

5. Larsen, C.E. The Holocene geological history of the Tigris – Euphrates – Karun delta / C.E. Larsen, Evans, G. Evans // In: - W.C., Price (Ed.). The Environmental History of the Near and Middle East. Academic Press, London. 1978. - P. 227-244.

УДК 551.79(476)

К. Ю. Балашов, А. Н. Мотузко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ ИСКОПАЕМОЙ ФАУНЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЖЛОБИНСКОГО РАЙОНА

На территории Жлобинского района к настоящему времени известно 3 местонахождения остатков ископаемой фауны млекопитающих, которые в геоморфологическом отношении приурочены к долине реки Днепр. Местонахождения связаны с карьерными выработками, где производится («Четверня»), или же производилась ранее («Жлобинское-1») добыча формовочных песков. Единичные находки ископаемых остатков связаны с их нахождением в пределах русел рек Днепр и Окра. С точки зрения геологического строения остатки ископаемой фауны обнаружены в двух разновозрастных горизонтах: в отложениях сожской стадии припятского оледенения, а также в аллювиальных образованиях 15-20-метровой надпойменной террасы Днепра муравинско-раннепоозерского времени.

В пределах Жлобинского района долина Днепра с севера на юго-восток пересекает Стрешинскую водно-ледниковую низину сожского возраста. Долина широкая и ассиметричная. Ширина долины изменяется от 1,5 до 6 км. Ассиметричность проявляется в том, что правый берег подмывается рекой, поэтому он более высокий, крутой и обрывистый, а левый берег наоборот, более низкий, пойменный, с широким развитием надпойменных террас. Абсолютные отметки уреза воды в реке изменяются от 123,5 до 120,4 м при продвижении с севера на юг, а абсолютная высота рельефа водораздельных пространств составляет в среднем около 140 м. Глубина вреза долины не превышает 20 м. Борты долины, переходящие в водораздельные пространства находятся на абсолютных отметках около 140 м и представлены сожскими долинными зандрами или плоскими моренными равнинами днепровского возраста.

15-20-метровая надпойменная эрозионно-аккумулятивная терраса муравинско-раннепоозерского (дорошевичского) возраста выражена только в левобережной части долины в виде узкой полосы, шириной до 400 м. Её абсолютные высоты изменяются от 135 до 140 м, а относительная высота над урезом воды в Днепре изменяется до 20 м [Рельеф Беларуси, 1988].

Первая надпойменная аккумулятивная терраса поозерского возраста наиболее развита в левобережной части долины. Её ширина составляет в среднем 2 км, абсолютная высота изменяется от 128 до 135 м, а относительная высота над урезом воды в реке – 5-15 м. Небольшие, размером до 2,0 × 1,5 км останцы первой надпойменной террасы часто встречаются в пределах поймы. Ширина поймы изменяется от 1 до 3 км. В её пределах, особенно в левобережной части, широко развиты болотные массивы и большое количество старичных озёр. Следует отметить, что пойма, вслед за долиной несколько расширяется в направлении с севера на юг. Рельеф поймы, как и террас, осложняется эоловыми формами рельефа – грядами, холмами, буграми и дюнами, ориентированными параллельно руслу реки, в основном, с северо-запада на юго-восток. Ширина гряд достигает 200 м, длина до 2 км, а высота до 7 м.

Русло реки Днепр характеризуется извилистостью, его ширина изменяется от 100 до 250 м. Наиболее крупным левым притоком на исследуемом участке является р. Окра. Её длина составляет 31 км. Долину реки можно разделить на 2 части. Верхнее течение приурочено к водно-ледниковой равнине днепровского и к долиннозандровой равнине сожского возраста, которые примыкают непосредственно к долине Днепра. В этой части, на протяжении 18 км долина Окры узкая, шириной до 300 м. Пойма двухсторонняя, русло на протяжении 14,5 км канализированное, шириной до 5 м.

В нижнем течении до впадения в Днепр долина Окры расширяется до 2,5 км, врезаясь в отложения первой и второй надпойменной террас Днепра, в конечном счёте, сливаясь с его долиной. В этой части долины пойма Окры также двухсторонняя, заболоченная, шириной более 350 м, русло реки шириной до 15 м, извилистое, с обрывистыми берегами высотой до 1,5 м. [Рельеф Белорусского Полесья, 1982].

На территории Жлобинского района дочетвертичные отложения представлены отложениями палеогена и неогена. Киевская свита палеогена имеет сплошное распространение и представлена зелёно-серыми и тёмно-зелёными, мелко- и тонкозернистыми, среднезернистыми, глауконитово-кварцевые песками и супесями. Палеогеновые отложения повсеместно несогласно залегают на мелу и мелоподобных мергелях туронского яруса верхнего мела, и перекрываются отложениями бринёвской и антопольской свит неогена. Мощность отложений киевской свиты в среднем составляет 15 м. Глубина залегания кровли отложений палеогена изменяется от 20,8 до 39,7 м, в среднем составляя 27 м.

Неогеновые отложения бринёвской свиты представлены светло-серыми и серыми, мелко- и тонкозернистыми, среднезернистыми песками и супесями антопольской свиты – тёмно-серыми, голубовато- и буро-серыми, почти чёрными, вязкими и пластичными глинами и суглинками, с линзами и гнездами кварцевых песков. Мощность бринёвской свиты в среднем составляет 10,1 м, а антопольской свиты – 9 м.

В пределах современной долины Днепра для неогеновых отложений характерно прерывистое, островное, а также большая глубина залегания кровли, что связано с их размывом в четвертичное время при наступании ледника, а так же в связи с водными потоками, стекающими с отступающего ледника, впоследствии сформировавшими долину Днепра. На остальной территории, вне долины и в прибортовой части неогеновые отложения залегают сравнительно на небольшой глубине, близко к поверхности, образуя большие по площади массивы, являющиеся своеобразными погребёнными бортами долины Днепра.

Четвертичные отложения повсеместно, сплошным покровом перекрывают нижележащие палеогеновые и неогеновые отложения. Мощность четвертичных отложений изменяется от нескольких метров, в местах неглубокого (приповерхностного) залегания неогеновых отложений до 37 и более метров. Абсолютные отметки подошвы четвертичных отложений изменяются от 100 м в пределах долины и повышаются до 131 м в прибортовых частях, в среднем составляя 115 м.

Наиболее древними четвертичными отложениями в пределах долины являются моренные отложения днепровской стадии припятского оледенения, которые залегающие непосредственно на дочетвертичных палеоген-неогеновых отложениях и перекрываются флювиогляциальными отложениями сожской стадии припятского оледенения. Моренная толща сложена супесями, красно-бурыми, с включением гравия, гальки и валунов. Мощность моренных отложений достигает 27 метров. Моренные образования слагают борта долины и примыкающие к ним водораздельные пространства. В самой долине Днепра моренные отложения отсутствуют, так как, вероятно, были размыты.

Флювиогляциальные отложения сожской стадии припятского оледенения мощностью до 13,5 м, вскрываются на глубинах до 15 м в пределах долины, или же залегают с поверхности, перекрывая на прилегающих к долине водораздельных территориях днепровские моренные отложения. В пределах долины Днепра отложения перекрываются аллювием первой и второй надпойменных террас. Толща флювиогляциальных отложений представлена разно- и крупнозернистыми песками, в нижней части которой отмечается повышенное содержание гравия, гальки и редких валунов. Вверх по разрезу крупнозернистые пески замещаются мелкозернистыми, горизонтально- и волнисто-слоистыми. В базальной части этих отложений в местонахождениях Четверня и Жлобинское-1 были обнаружены ископаемые остатки фауны млекопитающих следующего состава – *Mammuthus primigenius* (Blum.) раннего типа – 12 определимых остатков; *Bison priscus* Bojanus – 9; *Coelodonta antiquitatis* Blum. – 5; *Equus caballus* Linnaeus – 1; *Megaloceros giganteus* Blumenbach – 2; *Cervus elaphus* L. – 2; *Rangifer tarandus* Linnaeus – 5 [Мотузко, Балашов, 2012; 2014, Мотузко, 2013]

Аллювиальные отложения муравинско-раннепоозерского времени образуют вторую надпойменную террасу. Аллювий представлен серыми, разно- и среднезернистыми песками и супесями. В 2008 году на бичевнике реки Окры в её нижнем течении, где она прорезает вторую надпойменную террасу Днепра, была найдена целая плечевая кость лесного слона - *Palaeoaxodon antiquus* (Falconer et Cautley). Это вторая на территории Беларуси находка остатков лесного слона после находки остатков этого животного в муравинских отложениях в местонахождении Уручье [Карабанов, 2007].

Аллювиальные отложения средне- и верхнепоозерского возраста образуют первую надпойменную террасу, которая широко развита в виде полосы шириной до 2 км в левобережной части долины Днепра, а так же в виде фрагментов, среди современной поймы. Аллювий представлен жёлто-серыми, серыми и светло-коричневыми, мелко- и среднезернистыми песками. Его мощность составляет около 6 м.

Аллювиальные отложения голоценового возраста (судобльского горизонта) распространены непосредственно в пойме Днепра. Пойменные отложения представлены русловой фацией – мелко- и разнозернистыми песками, а так же старичной фацией – тонкими супесями и суглинками.

Эоловые отложения, палево-жёлтые, мелкозернистые пески, образуют положительные формы рельефа – дюны, холмы, бугры и гряды. Они распространены как среди пойменных отложений, так и на террасах. Их мощность составляет до 7 м. Эоловые отложения сформировались за счёт перевевания аллювиальных песков первой надпойменной террасы и отличаются от них лучшей окатанностью, сортированностью и меньшей глинистостью.

1. Карабанов А.К., Мотузко А.Н., Писаненко А.Д., Рылова Т.Б., Санько А.Ф., Хурсевич Г.К., Якубовская Т.В. Первая находка остатков ископаемого слона рода *Palaeoloxodon* Matsumoto на территории Беларуси // Доклады НАНБ – Т. 51, № 4. 2007. С. 109-114.
2. Мотузко А.Н., Балашов К.Ю. Геологическое строение местонахождения ископаемых млекопитающих «Четверня» в Жлобинском районе // Инновации в геологии и освоении недр. Минск: БГУ, 2012. С. 26-28.
3. Мотузко А.Н. Ископаемая фауна млекопитающих из отложений припятского горизонта на территории Беларуси // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геологических чтений, 4-6 апреля 2013 г., Минск, Беларусь. Минск: Издательский центр БГУ, 2013. С. 94-96.
4. Мотузко А.Н., Балашов К.Ю. Новая находка останков *Mammuthus primigenius* Blumenbach из местонахождения Четверня (Жлобинский район) // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII Университетских геологических чтений, 3-4 апреля 2014 г., Минск, Беларусь. Минск: «Цифровая печать», 2014. В 2-х частях – Ч. 1. С. 17-18.
5. Матвеев А.В., Гурский Б.Н., Левицкая Р.И. Рельеф Белоруссии. Минск: Университетское, 1988. 317 с.
6. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев и др./ Минск: Наука и техника, 1982. 129 с.

УДК 551.49:628.112.2

Ю. Г. Богомолов¹, Р. А. Станкевич²

¹ООО Российский союз гидрогеологов Росгидрогео, Москва,

²РУП «Научно-производственный центр по геологии» Минприроды Республики Беларусь,
Минск, Беларусь

ОТКРЫТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В г. МИНСКЕ

В районе города Минска и прилегающей территории работает ряд лечебно-оздоровительных учреждений, использующих минеральные воды, а также имеются предприятия по бутилированию минеральных вод.

Мощность осадочных отложений, содержащих пресные и минеральные воды, изменяется здесь от 424 до 592 м, с увеличением на восток и юго-восток – в сторону погружения кристаллического фундамента. Мощность зоны пресных вод достигает 300–320 м, минеральных вод (солончатых и соленых) составляет 105–290 м с увеличением с северо-запада на юго-восток. Водовмещающими породами минеральных вод являются верхнепротерозойские песчаники, которые отделяются от вышележащей зоны пресных вод регионально выдержанным водоупором (по площади и в разрезе), представленным глинами, алевролитами, плотными песчаниками. Отдельные интервалы минеральных

вод также разделены водоупорами. Это способствует устойчивому сохранению минерализации и солевого состава в процессе эксплуатации этих вод на разных глубинах.

Выделяют воды малой (2–5 г/л), средней (6–11 г/л) и высокой (11–27 г/л) минерализации, хлоридно-натриевого и сульфатно-хлоридно-натриевого типа. В зависимости от рельефа дневной поверхности в районе Минска глубина гидрохимических зон (по степени минерализации) составляет для пресных вод до 300–320 м, солончатых – до 400–450 м, соленых – до 530 м и более. Пропорционально минерализации изменяется и концентрация основных компонентов. Промежуточные воды отражают результат смещения вод глубинной зоны высокой минерализации и слабоминерализованной воды верхней зоны (табл.).

Таблица. Гидрохимические типы минеральных лечебных вод Минска и окрестностей
[Станкевич, 1997]

Местоположение и номер скважины	Глубина на скваж ины, м / абс. отмет ка устья, м	Интервал опробования, м	Формула солевого состава воды	Местоположение и номер скважины	Глубина а скважи ны, м / абс. отметка устья, м	Интервал опробования, м	Формула солевого состава воды
Хлоридно-натриевые воды							
Минская опорная скважина (парк им. Горького) опробовалась на разных глубинах (в т.ч. на пресные воды*)	$\frac{580,27}{194,7}$	280,0*	M 0,35 $\frac{HCO_3 96 SO_4 2 Cl 12}{Na 67 Ca 21 Mg 12}$	п.Ждановичи, санаторий «Криница», скв. 2/69	$\frac{379,6}{210,4}$	354-378	M 3,5 $\frac{Cl 75 SO_4 16}{Na 92 Ca 4}$
		300,0	M 3,2 $\frac{Cl 79 SO_4 14 HCO_3 7}{Na 89 Ca 6 Mg 5}$	9-ая городская больница, скв.1	$\frac{510}{200}$	452-489	M 21,4 $\frac{Cl 85 SO_4 15}{Na 81 Ca 12 Mg 7}$
		326,0	M 5,5 $\frac{Cl 82 SO_4 15 HCO_3 3}{Na 92 Ca 7 Mg 1}$	9-ая городская больница, скв.2	$\frac{373}{200}$	353-364	M 9,6 $\frac{Cl 81 SO_4 18 HCO_3 1}{Na 85 Ca 8 Mg 6 K 1}$
		352,0	M 6,1 $\frac{Cl 87 SO_4 12 HCO_3 1}{Na 91 Ca 6 Mg 3}$	Водно- спортивный комбинат парк Челюскинцев	$\frac{518,2}{215}$	430-516,5	M 12,2 $\frac{Cl 80 SO_4 19}{Na 84 Ca 9}$
		$\frac{476,86-}{510,0}$	M 27,2 $\frac{Cl 87 SO_4 13}{Na 77 Ca 14 Mg 8}$	п.Ждановичи, ПЧУП «Дарида», скв. 3/01	$\frac{417,0}{229,0}$	365,0-417,0	M 3,2 $\frac{Cl 78 SO_4 13 HCO_3 9}{(Na + K) 83 Ca 10 Mg 7}$
1-я клиническая больница, скв. 1	$\frac{523,9}{215,9}$	474-509	M 16,1 $\frac{Cl 83 SO_4 16}{Na 81 Ca 11 Mg 7}$	п.Ждановичи, ПЧУП «Дарида», скв. 2/97	$\frac{410,0}{222,0}$	360,0-400,0	M 3,4 $\frac{Cl 86 SO_4 12 HCO_3 2}{(Na + K) 68 Ca 19 Mg 13}$
		519,0	M 20,1 $\frac{Cl 83 SO_4 17}{Na 80 Ca 13 Mg 7}$	Минский завод безалкогольн ых на-питков, скв. 4, минвода «Минская-4»	$\frac{390,0}{-}$	320-360	M 3,6 $\frac{Cl 82 SO_4 11 HCO_3 6}{Na 93 Ca 5}$
1-я клиническая больница, скв. 2	$\frac{390,0}{215,9}$	348-379,5	M 5,6 $\frac{Cl 82 SO_4 14 HCO_3 3}{Na 96 Mg 3 Ca 1}$	Минский завод безалкогольн ых на-питков, скв. 3, минвода «Минская-3»	$\frac{418,0}{-}$	402-411	M 5,95 $\frac{Cl 81 SO_4 15}{Na 89 Ca 7}$
Больница автозавода	$\frac{475,0}{217,0}$	412-432	M 12,0 $\frac{Cl 87 SO_4 12 HCO_3 1}{Na 82 Ca 11 Mg 6}$	Городская водогрязелече бни-ца, скв. 3	$\frac{400,0}{-}$	347-388	M 2,53 $\frac{Cl 78 SO_4 12 HCO_3 9}{Na 87 Ca 8 Mg 4}$
Городская водогрязелече бни-ца, скв. 1	$\frac{545,0}{-}$	497-540	M 13,4 $\frac{Cl 80 SO_4 19}{Na 81 Ca 12 Mg 6}$				

Хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые воды							
п. Ждановичи, санаторий «Криница», скв. 2/60	$\frac{477,1}{211,5}$	433,9-477,0	М 10,8 $\frac{Cl_{174}SO_4 25}{(Na + K)83Ca10}$	п. Городище, санаторий «Дружба», скв. 2	$\frac{378,8}{230}$	350-370	М 4,3 $\frac{Cl_{173}SO_4 22HCO_3 5}{Na_{92}Ca_4Mg_3K1}$
п. Ждановичи, санаторий «Беларусь», скв. 1	$\frac{470}{211,5}$	421-470	М 5,4 $\frac{Cl_{170}SO_4 25}{Na_{92}Ca_5Mg_3}$	Заславль, ст. Зеленое	$\frac{465,2}{224,05}$	420-456,2	М 4,0 $\frac{Cl_{64}SO_4 31}{(Na + K)93Ca_4}$
Санаторий «Аксаковщина», скв. 1	$\frac{474}{212}$	440-474	М 4,16 $\frac{SO_4 52Cl_{141}}{Na_{82}Ca_{10}}$	Водозабор «Волма», скв. 6		410,0-452,8	М 3,2 $\frac{Cl_{177}SO_4 20}{Na_{88}}$
Санаторий «Аксаковщина», скв. 1		448-456	М 12,3 $\frac{SO_4 51Cl_{143}}{Na_{82}}$	п. Острошицкий Городок, санаторный лагерь «Геолог», скв. 2	$\frac{453}{235,0}$	422-448	М 7,5 $\frac{Cl_{172}SO_4 26}{Na_{86}Ca_9}$
п. Острошицкий Городок, санаторный лагерь «Геолог», скв. 1	$\frac{576,5}{235,0}$	495-529	М 12,3 $\frac{Cl_{67}SO_4 32}{Na_{74}Ca_{20}}$				

Все три зоны, очевидно, связаны между собой постепенными переходами минерализации. Повышение минерализации происходит, главным образом, за счет хлора и натрия и в меньшей степени за счет сульфатов, принимая с глубиной все более четкий характер хлоридно-натриевых вод.

Водоносный терригенный комплекс верхнего протерозоя в районе Минска изучался исключительно путем бурения глубоких скважин на пресные и минеральные воды. Впервые он был вскрыт в 1915 г. на территории нынешнего парка им. Горького скважиной № 1 глубиной 281,8 м [Тутковский, Оппоков, 1916], затем в 1926–1929 гг. на той же территории еще тремя скважинами № 2, 3, 4 глубиной 275,9–294,95 м Богомолов, Вевіароўская, 1933]. Скважины использовались для гидрогеологических исследований, затем для хозяйственно-питьевого водоснабжения Минска.

При углублении скважины № 4 до 353,8 м уровень воды поднялся выше устья скважины на 1,3 м, а минерализация воды достигла 6,1 г/л (в дальнейшем она стала известна как «Минская минеральная»). В 1930 г. ее затампонируют до глубины 295 м и получили воду с минерализацией менее 0,3 г/л, пригодную для хозяйственно-питьевого водоснабжения Минска.

Скважина № 4 в 1946–1949 гг. Белгеолуправлением была углублена до кристаллического фундамента как Минская опорная скважина (580,27 м), описание которой выполнено Золотаревой А.Н. в 1949 г.; эта скважина вскрыла гранитные породы фундамента на глубине 557,58 м, хлоридно-натриевые минеральные воды с минерализацией от 3,2 до 27,2 г/л. В 1951–1952 гг. в Минске на территории 1-й клинической больницы пробурены 2 скважины, вскрывшие хлоридно-натриевые воды на глубине 390,0 м с минерализацией 5,6 г/л, на глубине 523,9 м – 20,1 г/л.

В результате изучения материалов бурения этих относительно глубоких для того времени скважин выявлены особенности гидрогеохимической зональности, охарактеризован химический состав подземных вод и определены перспективы их бальнеологического использования.

С 1959 г. проводятся целевые поисково-разведочные работы по выявлению месторождений минеральных вод с последующим строительством на их базе профилакториев и санаториев. В ряде пунктов (Ждановичи, Минск и др.) осуществляется разведка месторождений с подсчетом эксплуатационных запасов минеральных вод в отложениях верхнего протерозоя. В этих работах принимают участие Гудак С.П., Дмитриева П.Н., Дынич В.В., Морозов А.К., Ольховик В.А., Смирнова Г.В. и др.

С 1953 по 2001 гг. в Минске и ближайших окрестностях (п. Ждановичи, Городище и др.) была пробурена 41 скважина на минеральные воды глубиной от 360 до 600 м, из них 5 скважин для гидрогеологических исследований и 36 скважин для каптажа минеральных вод. Общая минерализация их находится в пределах 3,1–27,23 г/л. На базе этих вод работает ряд лечебно-оздоровительных учреждений и предприятий по розливу минеральных вод. 36 эксплуатационных скважин на такие воды,

расположенные в разных частях территории и принадлежащие 14 владельцам, образуют отдельные водозаборы из 1 – 5 скважин (табл.).

В 2004 и 2005 гг. Белорусской гидрогеологической экспедицией завершены 2 специальные работы: по оценке запасов минеральных вод для Минского завода безалкогольных напитков (автор Кравченко В.М., 2004) и обобщению данных многолетней эксплуатации минеральных вод Минской группы месторождений (авторы Зубок Л.П. и др., 2005). Эти работы содержат максимум обработанной и полезной информации о минеральных водах Минска на настоящее время, там же приведены подробные сведения об изученности района в части глубинного геолого-гидрогеологического строения. В частности, эксплуатационные запасы минеральных вод для МЗБН утверждены РКЗ Минприроды РБ по категории А в количестве: «Минская-3» – 100 м³/сут (скв. 3), «Минская-4» – 400 м³/сут (скв. 4, 5 и 7).

Из формул солевого состава видно (табл.), что результативная вода от смешивания устойчиво сохраняет гидрохимический облик, свойственный глубинной минерализованной воде, а воды нижней зоны в Минске имеют одинаковый хлоридно-натриевый состав при уменьшающейся вверх минерализации, благодаря увеличению разбавления и повышению степени водообмена с верхними пресными водами.

Минеральные воды Минска и окрестностей успешно применяются в больницах, санаториях и других лечебно-оздоровительных учреждениях: при минерализации до 10–12 г/л как лечебно-питьевые для лечения заболеваний органов пищеварения и обмена веществ, а свыше 10–12 г/л как бальнеологические (в ваннах, бассейнах) для лечения сердечно-сосудистой системы, периферической нервной системы, гинекологических заболеваний и заболеваний опорно-двигательного аппарата. С 1957 г. осуществляется бутылочный розлив Минской минеральной воды № 3 и № 4.

На Минской возвышенности и прилегающей территории в разрезе осадочной толщи вплоть до зоны минеральных вод преобладает нисходящая фильтрация подземных вод (в противоположность, например, долинам крупных рек – Западной Двины, Припяти, где происходит разгрузка глубинных вод и установлены подтоки более минерализованных вод даже вплоть до зоны пресных вод). Поэтому в районе Минска при водоотборе пресных вод из протерозойских песчаников пока не проявляется большая активность процессов подтока соленых вод снизу.

С момента открытия в недрах г. Минска целебной минеральной воды прошло 85 лет. В связи с этим в парке им. Горького, расположенном в самом центре города, на берегу реки Свислочь, в 2014 году на месте Минской опорной скважины был воздвигнут монумент, посвященный этому событию и первооткрывателю минеральной воды «Минская-4», видному отечественному гидрогеологу, академику Герасиму Васильевичу Богомолу (1905–1981 гг.).

Торжественное открытие монумента состоялось 20 декабря 2014 г. На нем выступили представители Минского завода безалкогольных напитков, авторы данной статьи и другие гости.

Легкая, взмывающая вверх капля воды выполнена скульптором Евгением Колчевым из серебристого силумина (сплава алюминия с кремнием). Взявший слово мастер поблагодарил Минский завод безалкогольных напитков за данную ему возможность увековечить в скульптуре память о выдающемся ученом и его уникальном для всей республики открытии.

В первое десятилетие со дня открытия МЗБН в 1966 году было произведено 47 миллионов полулитровых бутылок минеральной воды. За последние тридцать шесть лет на столичном заводе разлили почти два с половиной миллиарда таких бутылок с «Минской-4»: ими можно тринадцать раз опоясать Землю по экватору! Легендарная минералка соответствует всем международным нормам и требованиям: ее разливают из скважин 4, 5 и 7. Производство организовано в месте добычи, а главное – природный состав воды в бутылках полностью соответствует ее природному составу из скважины («Вечерний Минск» 24.12.2014).

1. Богомол Г.В., Вевіароўская М.А. Гидрогеологические исследования в бассейне р. Свислочь. – Матэрыялы па вивучэнню геолёгіі, гідрагеолёгіі і карысных выкапняў БССР. – Менск. Выд. АН БССР. 1933.

2. Станкевич Р.А. Минское месторождение глубоких артезианских вод. Краткий очерк природных условий и истории освоения. – Минск: Беларуская навука, 1997, 87 с.

3. Тутковский П.А., Оппоков Е.В. Глубокое бурение в 1914–15 гг. в г. Минске в сопоставлении с другими буровыми скважинами в районе Полесья. – «Материалы по исследованиям рек и речных долин Полесья», Типография “И.И. Уколов”. – Киев, 1916. Отдельный оттиск, 21 с.

Е. А. Василёнок

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР В ПРЕДЕЛАХ ГИРОВСКОЙ ПЛОЩАДИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА ПО ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Припятский прогиб является нефтегазоносной областью, которая входит в состав крупной Днепровско-Припятской нефтегазоносной провинции, и состоит из двух структур второго порядка: Северная зона ступеней и Внутренний грабен, разделенные Червонослободско-Малодушинским разломом мантийного заложения [Познякевич, 1997].

Все наиболее крупные и простые по строению месторождения нефти в Припятском прогибе уже выявлены и разведаны. Все чаще проводятся исследования районов со сложным тектоническим строением, поэтому возрастают требования к точности и достоверности сейсморазведки нефтегазовых объектов.

Сейсморазведка 2Д не способна решить все геологические задачи в условиях сложной тектонической обстановки, поэтому возникает необходимость применения сейсморазведки 3Д [Урупов, 2004].

Целью работы является прогнозирование нефтеносных структур по данным сейсморазведки 2Д и 3Д в пределах Гировской площади, расположенной в Речицком районе Гомельской области Республики Беларусь. В геоморфологическом отношении район приурочен к восточной части Полесской низменности и представляет собой слаборасчлененную равнину. В геологическом плане она расположена на Александровском полиблоке в пределах подножья и террасы Речицко-Вишанской ступени Северного структурного ареала Припятского грабена [Бескопыйный, 2012]. Ближайшими являются Озерщинское подсолевое и Западно-Александровское межсолевое и подсолевое месторождения нефти. Гировская площадь включает: Гировскую подсолевую и Ново-Гировскую межсолевую структуры.

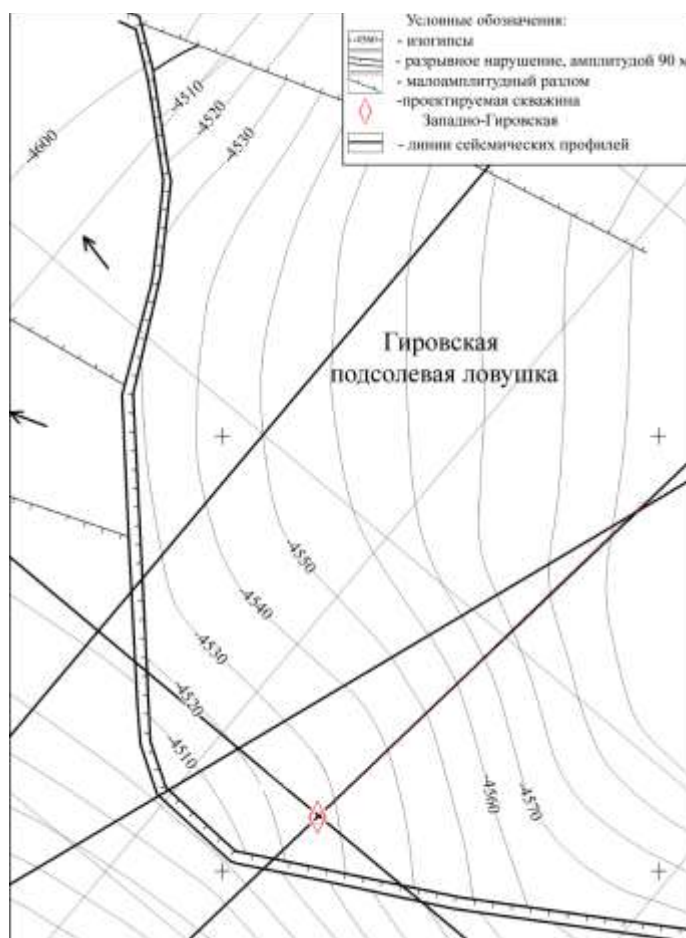


Рис. 1 Гировская подсолевая ловушка нефти

По методическим характеристикам сейсмическая съемка в 3Д варианте на Гировской площади является высокоплотной широкоазимутальной и пригодна для решения широкого спектра структурных и динамических задач.

Корреляция сейсмических горизонтов и разрывных нарушений выполнена по сети ортогональных глубинных динамических разрезов. Всего было проинтерпретировано 750 Crossline (субмеридиональных профилей) и 450 Inline (субширотных профилей) по кубу сейсмических данных с использованием стандартного комплекса ГИС.

При проведении структурной интерпретации сейсмических данных 3Д на Гировской площади было изучено геологическое строение Ново-Гировской межсолевой и Гировской подсолевой структур.

Структурные построения осуществлялись в комплексе программ Petrel фирмы Schlumberger по глубинным разрезам, полученным в результате трехмерных миграционных преобразований.

Итогом комплексной интерпретации сейсмических материалов, данных глубокого бурения и геофизической информации по скважинам стало построение структурных карт поверхностей сейсмических горизонтов 3D (кровля галитовой толщи), 2D (кровля межсолевой толщи), 2Dп (подошва межсолевой толщи), 1D (кровля подсолевой карбонатной толщи) и 1Dt (кровля подсолевой терригенной толщи).

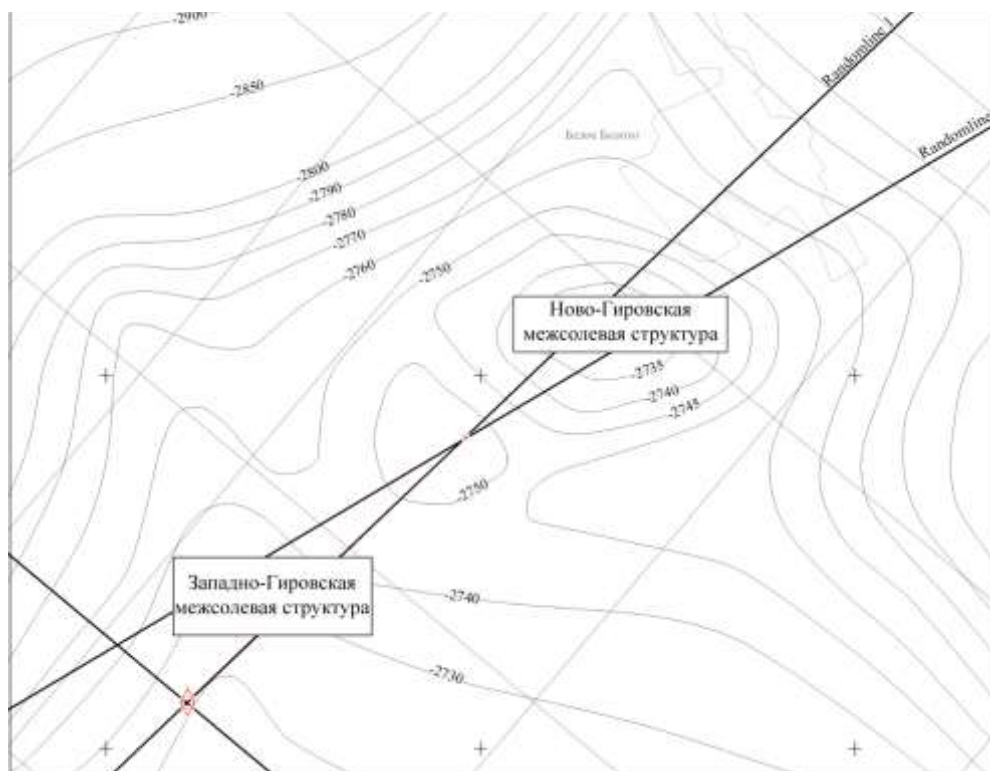


Рис. 2 Ново-Гировская и Западно-Гировская межсолевые структуры

Как отмечалось, Гировская подсолевая структура расположена в пределах Александровского полиблока Речицко-Вишанской ступени и по поверхности подсолевых терригенных отложений представляет собой тектонический блок, вершина которого ограничена разрывным нарушением, амплитудой 90 м. С севера структуру ограничивает разлом, амплитуда которого уменьшается с запада на восток от 100 м до полного затухания. Размеры Гировской подсолевой структуры по замкнутой изогипсе минус 4560 м составляет $3,7 \times 1,4$ км, минимальные абсолютные отметки по поверхности ланского горизонта в вершине блока составляют минус 4510 м (рис. 1).

Гировской подсолевой структуре по межсолевым отложениям в плане соответствует структурный нос Западно-Александровской межсолевой структуры.

Ново-Гировская межсолевая структура расположена в пределах склона Речицко-Вишанской ступени. По замкнутой изогипсе минус 2745 м ее размеры в плане составляют $1,8 \times 1,1$ км.

Довольно сложно определить наличие коллекторов в межсолевом комплексе в районе исследования, т.к. в скважинах, пробуренных на соседних площадях (Западно-Александровская и Озерщинская) межсолевые отложения характеризуются низкими коллекторскими свойствами, а чаще - их отсутствием.

Западно-Гировская межсолевая структура расположена в пределах склона Речицко-Вишанской ступени. По материалам 2Д структура была представлена в виде малоамплитудной брахиантиклинальной складки (по изогипсе минус 2700 м размеры ее в плане составляли $1,1 \times 0,8$ км), а

по результатам интерпретации данных 3D она трансформировалась в структурный нос Западно-Александровской межсолевой структуры (рис. 2).

При изучении волновой картины в интервале межсолевого комплекса осложнения сейсмической записи заслуживающего внимания не выявлено, что также снижает интерес к ней как нефтеперспективному объекту.

С помощью сейморазведки 3D на Гировской площади и на территории Припятского прогиба в целом стало возможным картировать мелкие блоки в строении девонского подсолевого комплекса, выделять малоамплитудные разрывные нарушения; уточнять местоположения и конфигурации разломов.

Автор благодарит за оказанную помощь сотрудников отдела сейсмической интерпретации предприятия РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», БелНИПИнефть Шумиляк В.М. и Русинович И.П.

1. Бескопыйный, В.Н. Тектоническое районирование как основа прогноза остаточных перспектив нефтегазоносности Припятского прогиба / В.Н. Бескопыйный, Р.Е. Айзберг, Я.Г. Грибик // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз их реализации в первой половине XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Речица, 25–27 мая 2011 г. / Редкол.: В.Н. Бескопыйный [и др.]. – Гомель: Полеспечат, 2012. – С. 9–67.
2. Познякевич, З.Л. Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы / З.Л. Познякевич, А.М. Синичка, Ф.С. Азаренко и др. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 696 с
3. Урупов, А. К. Основы трехмерной сейморазведки / А.К. Урупов. – Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 584 с.

А. А. Волчек, Н. Н. Шешко

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Национальный парк «Беловежская пушта» представляет собой особую территорию, в пределах которой возможно изучение естественных процессов при минимальном воздействии человека. Однако, даже такой уникальный объект не остался не затронутым бурной хозяйственной деятельностью 60–80 годов XX века. Кроме этого, в последние годы усилилось влияние природных факторов (потепление климата, увеличение повторяемости экстремальных метеорологических явлений и др.) на развитие экосистем Беловежской пушты. Из множества факторов влияющих на развитие экосистем необходимо в первую очередь выделить водный фактор, который формирует тот или иной биоценоз. Территория Беловежской пушты расположена на Прибугской равнине, которая характеризуется обширными равнинами и заболоченными территориями.

Исходя из анализа климатически и гидрогеологических условий территории, грунтовые воды можно выделить как один из решающих факторов в формировании биоценоза Беловежской пушты. Кроме этого грунтовые воды более инертны по сравнению с речными и озерными водами и не представляется возможным оперативно проводить необходимые природоохранные мероприятия.

Целью настоящего исследования является выявление закономерностей в пространственно-временных колебаниях уровня грунтовых вод (УГВ) природно-территориального комплекса Беловежская пушта в современных условиях, для разработки возможных мероприятий снижения негативных последствий антропогенной деятельности. Данными для реализации задач исследования послужили результаты многолетних инструментальных наблюдений за УГВ, полученные Гидрогеологической экспедицией Республики Беларусь на территории НП «Беловежская пушта». Для оценки изменений УГВ выполнен комплексный анализ статистической структуры временных рядов за годовые и месячные интервалы времени.

Для выявления цикличности колебаний УГВ и её трансформации использовался метод спектрально-временного анализа (СВАН). Суть СВАН заключается в вычислении циклов на скользящих временных отрезках (временных окнах) и изображении в виде СВАН-диаграмм (Кобышева, 1981; Логинов, 1994) Спектр вариаций есть набор амплитуд гармонических составляющих, которые получаются спектральным разложением флуктуирующей величины на конкретном временном отрезке. Длина окна не должна быть слишком малой, поскольку при этом уменьшается точность спектрального анализа, а также не дается четкого представления о низких частотах. Однако завышенная длина окна также не дает полной информации, так как при этом будут сглаживаться высокочастотные колебания. В настоящей работе длина окна принята 11 лет (примерно треть периода наблюдений). Периоды гармоник (или обратные им величины – частоты) на СВАН-диаграммах откладывают на вертикальной оси; время,

отвечающее середине окна, – на горизонтальной оси. Амплитуда соответствующих колебаний отражается как цветовая шкала. Повторяемость доминирующих циклов выражается в виде более или менее продолжительных полос с определенной амплитудой. Этот признак показывает продолжительность существования ритмических изменений.

При анализе изменений природных процессов важным является выявление периодов антропогенного воздействия. Основным антропогенным воздействием на экосистемы Беловежской пуши является осушение избыточно увлажненных земель и строительство крупных водохранилищ.

В колебании УГВ выделим следующие периоды: естественное состояние; период строительства; период стабилизации; период реконструкций гидромелиоративной сети. Выявление названных периодов осуществляется на основе анализа динамики изменения УГВ и последующего сопоставления выделенных периодов с реальными датами гидротехнического строительства.

Для анализа динамики изменений УГВ отобраны ряды с наибольшим периодом наблюдений и ранней датой начала наблюдений, а именно рядами наблюдений за УГВ будут данные по следующим гидрогеологическим скважинам: 517; 518; 519; 520; 522; 562; 563.

Хронологический ход изменения УГВ по данным скважинам представлен на рисунке 1.

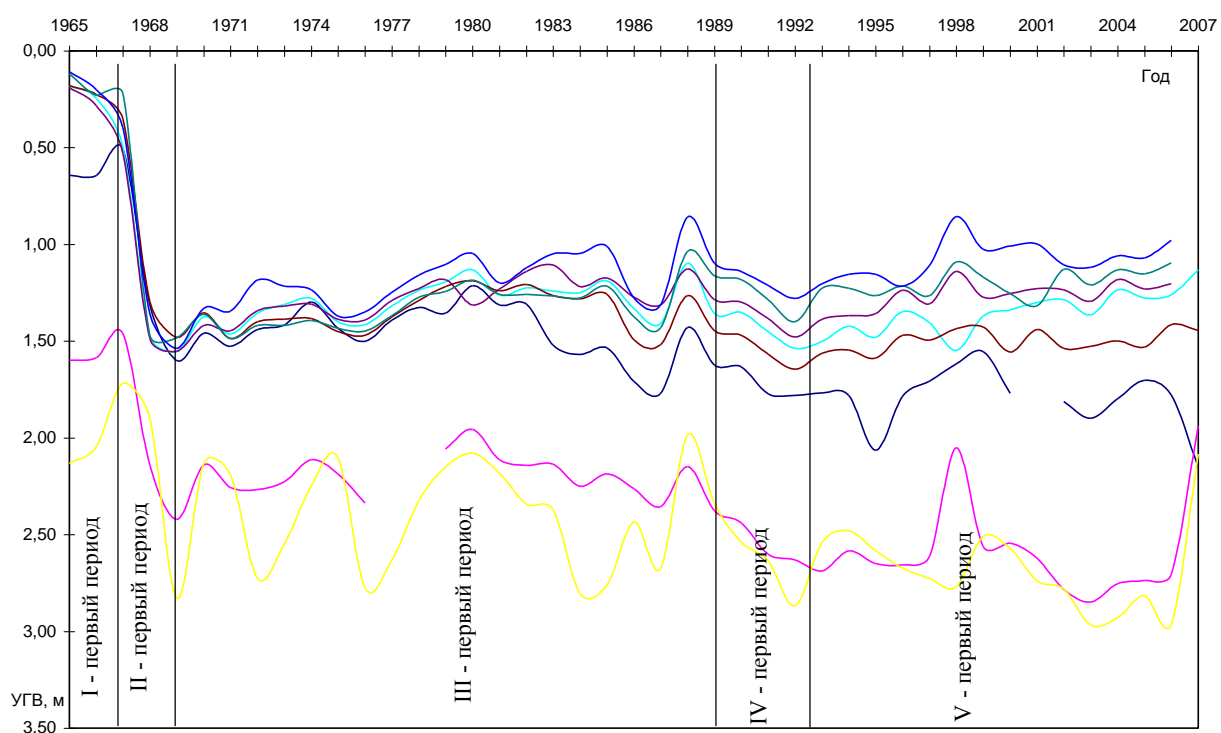


Рисунок Хронологический ход колебаний среднегодовых значений УГВ по скважинам

Как видно из рисунка в ходе колебаний УГВ отчетливо просматриваются несколько периодов:

- I. естественное состояние;
- II. период строительства;
- III. период стабилизации;
- IV. период реконструкций гидромелиоративной сети;
- V. период стабилизации после реконструкции.

На основе статистических характеристик колебаний УГВ выделен ряд гидрогеологических скважин, имеющие значительные коэффициенты вариаций ($>0,25$). Большие значения коэффициента вариации свидетельствуют о значительной изменчивости УГВ территории расположения скважин. Это зачастую связано с непосредственной гидрогеологической связью грунтовых вод с близлежащими водоемами. Так, скважины № 646, 649, 650, 651 расположены на болотном массиве урочище Березовик. Непосредственно в пойме р. Тисовка находятся скважины № 647, 648. В пойме р. Пчелка находятся скважины № 664, 665, 666 со средне годовым значением УГВ в пределах 0,8...2,0 м.

Дисперсии на большинстве скважин для двух периодов (III и V) не изменились, что свидетельствует о неизменности влияния локальных факторов на формирование режима УГВ. В свою очередь средние значения УГВ за данные периоды для большинства гидрогеологических скважин имеют статистически значимые изменения. Это подтверждает объективность выделения характерных периодов (рисунок).

На основе полученных результатов СВАН для гидрогеологической скважины № 774 можно выделить интервал с 1971 и до 1981 гг., на протяжении которого наблюдались колебаний УГВ с

периодом в 5 лет и амплитудой около 0,28 м. В течение нескольких лет значимых колебаний не было, но с 1987 года они возобновляются с тем же периодом. Амплитуда с этого момента времени постепенно возрастает. Для скважины №771, исходя из диаграммы, прослеживается одиннадцатилетний цикл с амплитудой 0,3 м до 1984 года. Восстановление цикла начинается с 1991 года, но уже с меньшей амплитудой. В свою очередь, для скважин №712 и №707 на всем протяжении исследуемого периода наблюдается цикл с периодом колебаний 8 и 9 лет, амплитудой 0,25 м и 0,3 м соответственно.

Скважины №710 и №711 имеют практически одинаковые результаты анализа. Для них характерна цикличность с периодом 10 лет и амплитудой 0,38 м наблюдающаяся до 1987 года. Восстановление цикла наблюдается с 1991 года, но с меньшей амплитудой колебаний (0,25 м). Аналогичная ситуация наблюдается для скважины № 708, но с меньшим периодом колебаний (5 лет).

На СВАН-диаграмме для скважины № 659 выявлены колебания до 1984 года с параметрами: период 11 лет и амплитуда 0,4 м. В течение 1984 – 1989 годов они исчезают, но в дальнейшем возобновляются уже с меньшей амплитудой, равной 0,3 м.

Проведенный анализ колебаний уровня грунтовых вод за период инструментальных наблюдений свидетельствует о наличии характерных периодов в динамике среднегодовых УГВ природно-территориального комплекса «Беловежская пуща», обусловленных как естественно-климатическими, так и антропогенными изменениями гидрогеологического режима. Наибольший интерес представляет период стабилизации (с 1992 года и по настоящее время). При анализе тенденций. Выявлена общая тенденция к увеличению годовых и внутригодовых значений УГВ на 6 см/год. Наличие скважин, выпадающих из общей тенденции изменения УГВ, объясняется влиянием на формирование уровня режима, как геологического строения территории, так и крупных водохранилищ.

На основе СВАН, выявлено, что для исследуемой территории характерны естественные циклы колебаний УГВ с периодом 9 – 10 лет и амплитудой 0,3 м. На протяжении 1987 – 1991 годов прослеживалось исчезновение естественных циклов, что объясняется интенсивной антропогенной деятельностью на территории пущи. С 1991 года по настоящее время наблюдается восстановление циклических колебаний УГВ, но с уменьшением амплитуды колебаний.

Так на современном этапе наблюдается тенденция к стабилизации изменений среднегодовых значений УГВ. Любое вмешательство, связанное с искусственным понижением либо повышением УГВ приведет к повторному выходу экосистемы из равновесного положения.

1. *Кобышева, Н.В.* Трендовые составляющие рядов основных метеорологических величин / Н.В. Корбышева, Л.П. Наумова, В.Н. Михайлова // Тр. ГГО. – 1981. – Вып. 4. – С. 125–131.

2. *Логинов, В.Ф.* Спектрально-временной анализ уровня режима озер и колебаний расходов воды крупных рек Беларуси / В.Ф. Логинов, В.Ф. Иконников // Природопользование : сб. науч. тр. / под ред. И.И. Лиштвана, В.Ф. – Вып. 9. – Ин-т проблем использования природ. Ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Минск : ОДО «Тонпик», 2003. – с. 25–33.

Н. Ф. Воронкова

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ

В Беларуси имеются значительные запасы минерально-сырьевых ресурсов. Здесь сосредоточены огромные запасы, прежде всего калийных солей, каменной соли, доломита, мела и мергельно-меловых пород, сырья для производства строительных материалов, торфа, сапропелей и др. По масштабам некоторых из них наша страна может соперничать с отдельными континентами. На базе разведанных месторождений полезных ископаемых созданы предприятия и производственные мощности по добыче нефти, торфа, каменной соли, производству калийных и доломитовых удобрений, разнообразных строительных материалов, пресных и минеральных подземных вод [1].

Однако устойчивое развитие экономики Беларуси невозможно без сбалансированного использования и воспроизводства минерально-сырьевых ресурсов, которые являются основой материального производства и национальной безопасности страны. Активизация промышленного производства предопределяет увеличение потребностей как в местном минеральном сырье, так и в импортируемом. Вместе с тем высокая степень зависимости важнейших отраслей промышленности от импорта минерального сырья, и прежде всего топливно-энергетических ресурсов, отрицательно сказывается на финансовом состоянии экономики. Поэтому наращивание использования местных сырьевых и топливных ресурсов и постепенное вытеснение импортируемых является важнейшей экономической задачей. Ее выполнение осложнено тем, что по отдельным видам минерального сырья степень освоенности разведанных месторождений недостаточна и существенный прирост добычи полезных ископаемых на их базе в настоящее время проблематичен. В связи с этим первоочередное значение приобретает необходимость дальнейших поисков, разведки и подготовки к промышленному

освоению новых месторождений минерального сырья, а также обеспечения прироста запасов существующих видов полезных ископаемых.

Следует также отметить, что глобальной проблемой современности, с которой сталкиваются многие экономически развитые государства, является проблема устойчивого сбалансированного социально-экономического развития. В сфере недропользования - это необходимость научно обоснованного решения задач, направленных на достижение равновесия между потребностями экономики и возможностями природы поставлять минерально-сырьевые ресурсы, не причиняя вреда экологическим системам [1,3].

Проблема обеспечения экономического развития минеральным сырьем с каждым годом становится все более острой и трудноразрешимой, затрагивающей интересы практически всех развитых и развивающихся стран. Причиной этого является неуклонное сокращение богатых и относительно доступных в технологическом и экономическом отношении источников минерального сырья, а также неустойчивость его импорта вследствие постоянно возникающих финансовых и политических ограничений. Отсюда создание и удержание надежных и устойчивых как межгосударственных, так и внутренних региональных систем снабжения различными видами минерального сырья становится одной из наиболее актуальных задач. Многие вопросы этой проблемы являются актуальными и для Беларуси [2,3].

Разведанные запасы различных видов минерального сырья в недрах конкретных месторождений, служат материальной производственной базой для развития промышленности, составляют основу ее безопасного устойчивого развития.

Дополнительным источником получения минерального сырья является участие республики в разработке месторождений полезных ископаемых за рубежом. Наибольший опыт накоплен в области добычи нефти. РУП ПО «Белоруснефть» ведет добычу нефти в Венесуэле и Иране. К сожалению, мало используется потенциал добычи полезных ископаемых в Российской Федерации. Предлагаемые проекты с возможным участием Беларуси в разработке нефтяных и газовых месторождений совместно с российскими компаниями на территории Российской Федерации также оказались не выгодны белорусской стороне в связи со значительными вложениями, необходимыми для подготовки к освоению месторождений нефти, находящихся в труднодоступных районах со слабо развитой инфраструктурой.

Особое внимание следует обратить на страны бассейна Каспийского моря и в первую очередь Азербайджан, Казахстан, Таджикистан, Туркмению, которые обладают значительными запасами углеводородного сырья и импортируют его, на их территориях могут быть созданы совместные предприятия по поискам, разведке и добыче полезных ископаемых.

Что же касается участия Республики Беларусь в разработке уже подготовленных к промышленному освоению месторождений полезных ископаемых, в которых заинтересована республика, то такое участие наиболее приемлемо в форме поставки белорусской стороной на договорных условиях машин, механизмов и другой продукции белорусского производства взамен поставляемому минеральному сырью или продуктов его переработки [1].

Остаются вопросы в области проведения стоимостной оценки всех полезных ископаемых. Подобная оценка была проведена НИИ Экономики НАН РБ последний раз еще в далеком 1994 году. Все полезные ископаемые Беларуси тогда были оценены в 984 млн. долл. На 1.01.2009 г. все средства производства республики оценивались в 383,1 трлн. руб. или 142,95 млрд. долл. по курсу того времени. Из них на промышленность приходилось 45,48 млрд. (31,8%), на с/х – 20,15 млрд. (14,1%), на строительство – 3,88 млрд. (2,7%). Учитывая, что ценность доллара уменьшилась незначительно за 15 прошедших лет, можно сказать, что на полезные ископаемые приходится менее 1% стоимости средств производства (0,7% если быть точнее). Этот достаточно маленький показатель указывает на необходимость проведения стоимостной переоценки полезных ископаемых, учитывая, что по отдельным ресурсам запасы увеличились до 30%.

Кроме того в целях повышения эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов в современных условиях, важным является совершенствование экономического механизма в сфере недропользования, который представляет собой систему форм и методов организации и регулирования экономической жизни общества.

В области совершенствования управления минерально-сырьевым комплексом страны необходимо поэтапно реформировать налоговую систему в сфере недропользования, последовательно решая текущие и стратегические задачи, анализируя отечественную и зарубежную практику налоговой политики в сфере недропользования, изучая рекомендации ученых и специалистов. Как представляется, стратегической задачей реформирования налоговой системы минерально-сырьевого комплекса может быть постепенный переход на рентный принцип налогообложения. При этом следует иметь в виду, что порядок распределения горной ренты (введение экономически обоснованной платы за пользование недрами, взимаемой государством) является важнейшей проблемой в сфере рационального недропользования. Государство как собственник недр имеет право на присвоение экономически обоснованной части рентного дохода, поэтому необходимо законодательно закрепить его долю в получении рентного дохода в виде рентных платежей и других поступлений в бюджет при освоении и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. При этом следует учитывать как экономические интересы пользователей недр (инвесторов), так и национальные интересы государства.

Совершенствование экономических отношений в области освоения и эксплуатации месторождений полезных ископаемых должно быть направлено также на разработку и введение четкой системы налогообложения в зависимости от горно-геологических условий, структуры и качества запасов, условий инфраструктуры и капиталоемкости освоения месторождения и системы цен на минеральное сырье [1,3].

Плата за добычу полезных ископаемых должна быть одним из важнейших источников пополнения бюджетов всех уровней, а также создания специального фонда, который может стать важным источником финансирования высокоэффективных геологоразведочных работ. Государству следует законодательно закрепить свою позицию относительно участия в проектах по освоению месторождений и перераспределению такого дохода или предоставить в этом отношении преимущественные права частным инвесторам с минимальным участием государства. Регулирующая роль государства в освоении месторождений полезных ископаемых частными инвесторами посредством эффективного экономического механизма очень важна и должна быть законодательно закреплена.

Повышение эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов связано с необходимостью поиска инвестиций в освоение месторождений, разработки и внедрения новых прогрессивных технологий добычи и использования минерального сырья. В системе организационных мер, направленных на поддержание и наращивание объемов добычи минерального сырья, наряду с геологическим, горнотехническим и технологическим обоснованием запасов полезных ископаемых, важное место должны занимать экономическое изучение состояния запасов полезных ископаемых и оценка экономической эффективности их разработки с учетом экологического фактора [4].

В целях повышения экономической ответственности и принятия управленческих решений социально-экономического характера по вопросам развития минерально-сырьевой базы, ее рационального использования необходимы дальнейшее совершенствование соответствующего информационного обеспечения и координация работ по разработке и изучению недр, экспорту и импорту минерального сырья.

1. Аношко Я. И., Унукович А. В., Варакса В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в народнохозяйственном комплексе Республики Беларусь // Белорусский экономический журнал. 2010. №4, С. 133-142.
2. Неверов А. В. Устойчивое природопользование: сущность, концепция, механизмы реализации / А. В. Неверов, И. П. Деревяго; Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет». – Мн.: БГТУ, 2005. – 173 с.
3. Томашевич А. В. Минеральные ресурсы в национальной стратегии устойчивого развития Беларуси / А. В. Томашевич // Природные ресурсы. 2002. С. 45-51.
4. Хачатуров Т. С. Экономика природопользования. – М.: Экономика, 1982. – 257 с.

УДК 624.131

А. Н. Галкин¹, В. Г. Жогло²

*Витебский государственный университет¹, Витебск¹,
Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти
РУП «ПО «Белоруснефть»² Гомель², Беларусь*

ОБ УПРАВЛЕНИИ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И ЕГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ

Известно, что любое инженерное сооружение, рассматриваемое как технический объект, может выполнять свои функции только в сочетании с природным геологическим телом (массивом), на котором или в котором оно размещено. Геологические условия определяют пространственное положение, конструктивные особенности технических объектов и в значительной степени ограничивают их функциональные возможности. Совместное рассмотрение геологических и технических объектов еще более очевидно, если требуется оценка последствий техногенных воздействий. Таким образом, возникает необходимость изучения литотехнических систем (ЛТС). В самом общем виде литотехническая система определяется как любая комбинация из технического устройства или технического продукта его использования и литосферного блока любой размерности, элементы которых взаимодействуют друг с другом и объединяются единством выполняемой социально-экономической функции. ЛТС – это новые искусственно-естественные образования, составляющие основной объект исследования инженерной геологии, изучаемые с целью обеспечения устойчивого функционирования инженерных сооружений либо геологического обоснования инженерно-хозяйственной деятельности человека в целом. По уровню организации выделяют элементарные, локальные, региональные и глобальные ЛТС. Элементарная ЛТС состоит из отдельного технического объекта (сооружения) и взаимодействующей с ним области литосферы, называемой сферой взаимодействия или областью влияния. Локальная ЛТС представляет собой пространственно-временную совокупность элементарных ЛТС, сферы взаимодействия которых граничат или пересекаются. Региональная и глобальная ЛТС представляют собой

пространственно-временные совокупности подсистем соответствующего более низкого иерархического уровня, выделяемые в пределах конкретного региона или планеты в целом.

Любые ЛТС создаются изначально как управляемые. При этом управление представляет собой заключительную цепь функциональных процедур в системе мониторинга данных систем. В отношении задач инженерной геологии управление ЛТС – есть процесс достижения такого состояния ее геологической подсистемы (по Г.К. Бондару, сферы взаимодействия литосферы с технической подсистемой), которое способно обеспечить оптимальный режим работы всей системы в целом на каждом этапе ее существования, с использованием всех имеющихся ресурсов (информационных, вычислительных, интеллектуальных, технических, технологических, административных, экономических и др.) при соблюдении необходимого множества ограничений. При этом в качестве цели управления ЛТС здесь будет выступать минимизация неблагоприятных последствий изменений сферы взаимодействия литосферы (СВЛ) и ее компонентов в какой-либо момент времени при максимальном использовании различных ресурсов и ограничений и минимизации экономических затрат на создание или поддержание ее устойчивых состояний, благоприятных для нормального функционирования ЛТС. Соответственно, в задачи управления ЛТС будут входить: 1) сбор и обработка информации о СВЛ; 2) оценка и анализ состояния СВЛ; 3) установление и диагностика проблем в состоянии СВЛ; 4) выявление ресурсов и ограничений, необходимых для управления СВЛ; 5) геологическое обоснование управленческих решений для оптимизации работы всей ЛТС.

Из определения следует, что управление ЛТС может осуществляться путем регулирования состояния СВЛ с учетом прогнозных оценок ее развития. Реализовать эту задачу может система методов управления, в основе которой находится использование административно-правовых (законы, стандарты, экспертиза и др.), экономических (оценка ущерба и др.) и научно-технических (инженерно-технологические и др. мероприятия) механизмов. При этом каждая группа этих механизмов, особенно последняя, при реализации требует инженерно-геологического обоснования.

Под инженерно-геологическим обоснованием управления ЛТС мы понимаем процедуру инженерно-геологических исследований в системе управления литотехнической системой, направленную на выбор среди множества альтернативных вариантов мероприятий такого варианта, который в наибольшей степени учитывает современное и прогнозируемое изменение состояния инженерно-геологических условий, и применение которого необходимо и достаточно для обеспечения оптимального режима функционирования ЛТС.

Эффективность и качество выработки управленческих решений определяются обоснованностью методологии решения возникающих при функционировании ЛТС проблем, т.е. обоснованностью подходов, принципов, методов и технологий. Анализ теории и практики управления различными системами позволяет установить необходимость применения в процессе выработки геологически обоснованных управленческих решений следующих основополагающих научных подходов: системного, ситуационного, динамического и сценарного.

Системный подход предполагает рассмотрение ЛТС как совокупности ее взаимосвязанных элементов, обладающих благодаря их взаимосвязи качественно новыми характеристиками (причем каждая ЛТС выступает элементом системы более высокого порядка, а любой ее элемент – системой более низкого порядка). Этот подход дает возможность учесть все необходимые взаимосвязи и взаимодействия в системе управления ЛТС и ее подсистемами, позволяет при постановке целей всесторонне анализировать, взвешивать факторы и направлять механизмы управления на достижение поставленных целей. Одним из инструментов системного подхода, который, по нашему мнению, следует применять при выработке управленческих решений, особенно на региональном уровне, является типизация ЛТС. Методологически системный подход следует применять на всех этапах обоснования управления ЛТС, поскольку выполнение каждого из них вне системы просто невозможно.

Ситуационный подход сосредоточивается на том, что обоснование различных методов управления ЛТС определяется конкретной ситуацией – совокупностью условий, возникающих под влиянием внутренних и внешних воздействий в некоторый момент времени. Основанием его применения в управлении ЛТС является «поведение» режима ее функционирования. Это обусловлено тем, что происходящие изменения параметров состояния ЛТС (или развитие процессов) на разных этапах ее существования могут быть как значительными, так и малозначимыми, иногда даже не поддающимися прогнозу. Последние, несмотря на свое слабое проявление, впоследствии способны оказать существенное влияние как на отдельные подсистемы ЛТС и их элементы, так и на всю систему в целом. Подтверждением этому служат установленные нами закономерности в функционировании ЛТС, заключающиеся в том, что в ЛТС, длительное время находящихся в критическом режиме работы, когда геологическая подсистема или ее отдельные компоненты подвержены значительному, но не превышающему технологического уровня воздействию со стороны технических объектов, возникают и активизируются новые инженерно-геологические процессы, ведущие к снижению этого воздействия. Кроме того, существует довольно большое количество факторов, которыми можно управлять в системе мониторинга ЛТС (например, граничные и начальные условия, свойства геологической среды). Такое многообразие факторов определяет отсутствие какого-либо единого с точки зрения эффективности способа управления состоянием ЛТС и ее элементов. Самым эффективным в каждой конкретной

ситуации следует считать тот метод управления, который будет максимально адаптирован к данной ситуации. Этот подход ориентирует инженер-геолога на правильный анализ ситуаций и на эффективное использование своих возможностей исходя из накопленного опыта и знаний. Его применение в общей схеме управления возможно в том случае, когда будет определена конкретная проблемная ситуация со всеми вытекающими последствиями.

Динамический подход используется в дополнение к ситуационному. При его использовании геологическая среда, как компонент ЛТС, рассматривается в ее диалектическом развитии, причинно-следственных связях и соподчиненности. Для этого проводятся ретроспективный анализ состояния геосреды за определенный промежуток времени и прогнозная оценка ее дальнейшего развития.

Сценарный (поисковый) подход позволяет проводить многовариантный ситуационный анализ применения разнообразных методов управления ЛТС и ее компонентами с учетом возможностей и ограничений каждого из них для обеспечения оптимального режима на всех этапах развития системы. По существу, сценарий выступает в роли качественной и количественной оценки вероятного развития различных инженерно-геологических процессов, которые возникли или могут возникнуть в будущем при создании, эксплуатации или ликвидации ЛТС, и их влияния на состояние компонентов системы (прежде всего геосреды) в случае использования какого-либо специального мероприятия или комплекса мероприятий. Среди инструментов, применяемых в данном подходе, важное место занимает имитационное моделирование, использующееся в создании математических постоянно действующих моделей (ПДМ) геосреды для прогнозирования и анализа ее состояния. Использование подобных ПДМ позволяет создавать эффективные системы выработки геологически обоснованных управленческих решений, предназначенных для выполнения следующих задач: 1) прогнозирования и анализа последствий управленческих решений; 2) исследования эффективности и сравнения принимаемых мер; 3) выбора оптимального решения.

В настоящее время накоплен достаточно большой опыт создания математических ПДМ (ГИС) для ЛТС различного уровня организации и назначения. Одним из примеров таких моделей является АИС ПДМ геосреды юго-востока Беларуси, созданная нами на базе ПЭВМ с использованием программно-технического комплекса, включающего в себя системы специализированного программного обеспечения компании «Геолинк» и МГУ им. М.В. Ломоносова. Важным свойством ПДМ является перманентный характер их функционирования. Это свойство ПДМ в системе выработки геологически обоснованных управленческих решений позволяет без существенных затрат времени и ресурсов осуществлять поиск и формирование набора альтернативных решений проблемы, соответствующих им управляющих воздействий и производить выбор оптимального решения. Следовательно, преимущество данного подхода будет заключаться в возможности заранее выявлять неэффективные управленческие решения, разрабатывать множество вариантов развития ситуаций и прогнозировать состояние геосреды в каждой из них. Методологически данный подход в общей схеме выработки управленческих решений используется на последних ее этапах, когда необходимо осуществлять поиск и формирование набора вариантных решений, отбор критериев выбора оптимального решения, выбор и принятие наилучшего решения.

Резюмируя сказанное, отметим, что рассмотренные подходы тесно связаны между собой и образуют единую систему, которую следует рассматривать как общую методологическую основу для выработки геологически обоснованных управленческих решений по оптимизации функционирования ЛТС любого уровня организации. Их применение совместно с созданной АИС ПДМ позволило нам успешно реализовать ряд задач по инженерно-геологическому обоснованию управления такими ЛТС, как здание ЖЭС в Минске, химзавод и водозаборы Гомеля и др.

УДК 551.361:550.361.4

И. В. Голованова, Р. Ю. Сальманова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук,
Уфа, Россия*

УЧЕТ ИСКАЖАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕМПЕРАТУР ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Тепловой поток является основным источником информации о тепловом состоянии Земли. Прикладные аспекты исследования теплового поля связаны с оценкой геотермальных ресурсов, а также с применением геотермического метода при поисково-разведочных работах.

Известно, что изменения климата в прошлом (изменения температуры поверхности Земли) могут вносить значительные искажения в распределение температуры и теплового потока в верхней части Земной коры. Показано, что палеоклимат оказывает существенное влияние на плотность теплового

потока в интервале глубин до 1500–2000 м и глубже. Наиболее заметную роль в искажении современного теплового поля играют юрм-голоценовое потепление (около 10 000 лет назад) и похолодание малого ледникового периода (150–650 лет назад). В результате геотермический градиент, а, следовательно, и тепловой поток в этом интервале оказываются пониженными. В предыдущих наших работах предложена модель изменений климата в прошлом на территории Южного Урала и внесены поправки на влияние палеоклимата в измеренный тепловой поток в изучаемом регионе по всем скважинам, в которых выполнены его измерения [Голованова и др., 2008]. В данной работе обсуждаются возможности применения полученных результатов и оцениваются глубинные температуры на платформенной части Республики Башкортостан.

Распределение температур на различных уровнях и стратиграфических горизонтах в осадочном чехле платформенной части территории Республики Башкортостан может быть полезно для оценки перспектив нефтегазоносности региона и для выявления зависимости размещения нефтегазоносных залежей и условий их разработки от температурного режима [Христофорова и др., 2004, 2008]. Глубины, до которых выполнены измерения температуры в скважинах составляют, в основном, от 1 до 3 км. В нескольких параметрических скважинах глубина измерения температуры достигает 5–5,5 км. Таким образом, прямые данные о температурном режиме глубоких горизонтов практически отсутствуют. Эти сведения можно получить только путем численных оценок.

Обычно оценка глубинных температур в районах со стационарным тепловым полем проводится по известной плотности теплового потока и теплопроводности отдельных слоев земной коры [Любимова, 1968]. Однако, даже если пренебречь вкладом радиоактивных источников тепла для самой верхней части коры, оценка теплопроводности отдельных горизонтов остается отдельной сложной задачей и вносит свою долю неопределенности в результат. Кроме того, на результаты расчета температур глубоких горизонтов может существенно повлиять влияние прошлых изменений климата. Показано [Голованова и др., 2008], что на территории Башкирского Предуралья поправки в измеренную плотность теплового потока на влияние палеоклимата могут составлять 20–40 % в зависимости от глубины скважины. Этот факт необходимо учитывать при оценке температуры глубоких горизонтов, не вскрытых бурением.

В предположении о плоскопараллельном залегании слоев и вертикальности скважины температуру $T(x)$ на некоторой глубине x можно представить в виде суммы [Любимова, 1968; Демежко, 2001]:

$$T(x) = T_0 + q \sum_i \frac{\Delta x_i}{\lambda_i} + \Theta(x), \quad (1)$$

где T_0 – температура поверхности Земли, q – плотность глубинного теплового потока, Δx_i – мощность i -го слоя с теплопроводностью λ_i , $\Theta(x)$ – температурная аномалия на глубине x , вызванная прошлыми изменениями климата.

Тогда, если T_1 – температура, измеренная в скважине на некоторой глубине x_1 , то температуру нижележащих слоев можно рассчитать следующим образом:

$$T(x) = T_1 + q \sum_i \frac{\Delta x_i}{\lambda_i} + \Theta(x) - \Theta(x_1). \quad (2)$$

Искажения $\Theta(x)$ для отдельных зон изучаемого региона рассчитаны на основе модели прошлых изменений климата, предложенной в работе [Христофорова и др., 2008].

Оценки показывают, что влияние двух последних членов в правой части уравнения (2) практически несущественно. Основной вклад в разницу между температурами на некоторой глубине, определенными с использованием измеренных или исправленных на влияние палеоклимата значений теплового потока, вносит плотность теплового потока q , принятая при расчетах.

Проверка предложенного метода расчета глубинных температур выполнена по данным из глубокой параметрической скважины Леузинская-1, расположенной в башкирской части Юрюзанно-Сылвенской впадины Предуральяского прогиба (рис. 1). Использована термограмма, записанная до глубины 4512 м. Перед измерением температуры скважина находилась в консервации больше месяца, после окончания бурения прошло больше 3 месяцев.

Обозначения: 1 – термограмма скважины Леузинская-1; 2 – температура на глубине 4000 м, рассчитанная по исправленному на влияние палеоклимата значению плотности теплового потока (50 мВт/м²); 3 – температура на глубине 4000 м, рассчитанная по значению плотности теплового потока в интервале 470–1160 м (35 мВт/м²), полученного без учета влияния палеоклимата.

Сначала оценивалась плотность теплового потока в верхней части скважины на интервале 470–1160 м. Классическим методом, без учета влияния палеоклимата получено значение 35 мВт/м². Исправленное на влияние палеоклимата значение плотности теплового потока составляет 50 мВт/м². Затем с использованием полученных оценок теплового потока рассчитывалась температура на глубине 4000 м и сравнивалась с измеренной температурой. Результаты, приведенные на рис. 1 наглядно иллюстрируют справедливость предлагаемого метода расчета глубинных температур.

Оценки показывают, что при характерных для платформенной части Республики Башкортостан значениях плотности измеренного и исправленного на влияние палеоклимата теплового потока 35

мВт/м² и 45 мВт/м² разница в вычисленных температурах на глубине 5 км составляет порядка 20 °С, а на глубине 10 км уже порядка 40 °С. При этом температуры, вычисленные с использованием исправленной на влияние палеоклимата плотности теплового потока, лучше согласуются с результатами измерений в глубоких скважинах.

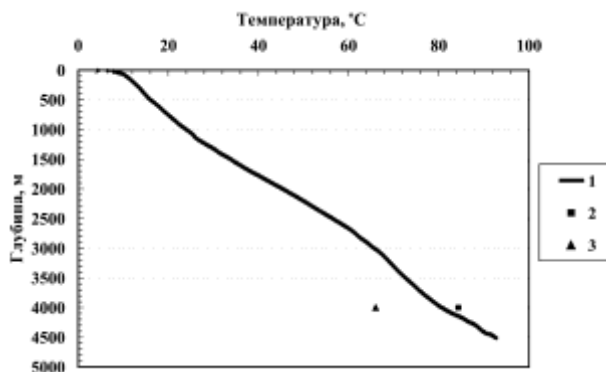


Рис. 1. Проверка предложенного метода расчета глубинных температур

Таким образом, предлагается при оценке температур глубоких горизонтов, не вскрытых бурением, использовать не измеренные классическим способом значения плотности теплового потока, а значения, исправленные на влияние палеоклимата. В качестве верхней границы расчетной области можно принять максимальную глубину, на которой надежно измерена температура в скважине.

С использованием предложенной методики построены карты распределения температур в западной части Республики Башкортостан на отметках –5 000 м и –10 000 м. Сведения о глубинном строении изучаемого региона были приняты по результатам комплексных геофизических работ, проводившихся ОАО «Башнефтегеофизика» по региональным профилям до глубины 12–15 км. Теплопроводность выделяющихся по геолого-геофизическим данным отдельных горизонтов рифей-вендских отложений и кристаллического фундамента охарактеризована по данным наших измерений на образцах из глубоких параметрических скважин [Голованова, 2005].

Температурное поле изучаемого региона неоднородно, и неоднородность возрастает с увеличением глубины. Температура меняется от 66 °С до 134 °С на отметке –5 000 м и от 117 °С до 227 °С на отметке –10 000 м. На обоих картах повышенными значениями температур выделяются южный купол Татарского свода и Мраковская впадина. Пониженные значения температур отмечаются на северо-востоке территории в Юрюзано-Айской впадине, в северо-западной части и в районе Бирской седловины. Тепловое поле в определенных зонах сильно дифференцировано. Так как распределение плотности теплового потока на изучаемой территории относительно однородно, неоднородности температурного поля могут объясняться распределением пород с различными теплофизическими и емкостными свойствами, т.е. литолого-фациальной характеристикой разреза. Возможно влияние движения подземных вод по проницаемым зонам, хотя этот вопрос требует дополнительного изучения.

Полученные результаты в комплексе с другими геофизическими данными позволяют более обоснованно оценивать перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов осадочного чехла платформенной части Республики Башкортостан. Предложенный подход может быть использован и в других регионах.

1. Голованова И.В. Тепловое поле Южного Урала. М.: – Наука, 2005. 189 с.
2. Голованова И.В., Пучков В.Н., Сальманова Р.Ю., Демежко Д.Ю. Новый вариант карты теплового потока Урала, построенный с учетом влияния палеоклимата // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422, № 3. С. 394–397.
3. Демежко Д.Ю. Геотермический метод реконструкции палеоклимата (на примере Урала). – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 144 с.
4. Любимова Е.А. Термика Земли и Луны. – М.: Наука, 1968. 279 с.
5. Христофорова Н.Н., Непримеров Н.Н., Христофоров А.В. и др. Тепловой режим и оценка перспектив нефтегазоносности Приволжского региона // Георесурсы. 2004. № 1(15). С. 24–27.
6. Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Бергеманн М.А. Анализ геотермических карт и перспективы нефтегазоносности глубинных отложений (на примере Республики Татарстан) // Георесурсы. 2008. № 3(26). С. 10–12.

Я. Г. Грибик¹, В. И. Зуй², А. Л. Сусленко¹

1 – Государственное предприятие «НПЦ по геологии»,

2 – Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В СКВАЖИНАХ ЛЮДВИНОВСКАЯ 1Т И НОВО-ЕЛЬСКАЯ 43Т ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В процессе многолетних нефтепоисковых работ в Припятском прогибе пробурены сотни глубоких скважин. В случае отсутствия во вскрытом разрезе нефтеперспективных горизонтов после выполнения основного геологического задания, пробуренные скважины ликвидируются. Другая часть скважин в районе нефтяных залежей оказалась за пределами контуров нефтеносности, они также были ликвидированы либо законсервированы. Часть из них можно восстановить, либо отремонтировать и использовать в дальнейшем для извлечения подземного тепла путем создания в них скважинных теплообменников (СТО). Опыт эксплуатации подобных теплообменников в Беларуси отсутствует, однако он известен в других странах [Kohl, et al., 2000].

В литературе сообщается [Калинин, Баранов, 2003], что тепловая мощность таких установок может достигать достаточно высоких значений (до 1 – 1,5 МВт), что позволяет выполнять теплоснабжение, как отдельных объектов, так и небольших предприятий, либо населенных пунктов. В связи с этим была поставлена задача по проведению опытных работ, чтобы оценить вынос тепла при создании теплообменников в глубоких скважинах Припятского прогиба.

Для проведения исследований была выбрана 2 скважины. Одна из них - законсервированная скважина Людвиновская 1Т глубиной 4625 м, расположенная в Светлогорском районе в 2,4 км ЮЗ южной окраины д. Горки. Ее ствол был доступен для измерений термометром до глубины 3330 м. Второй скважиной была Ново-Ельская 43Т, расположенная в Ельском районе вблизи д. Даниловка. Ее искусственный забой находился на глубине 2248 м. Скважины пробурены в двух различных геотермальных зонах Припятского прогиба.

Технологическая схема опытов в каждой из скважин идентична. В них были созданы временные теплообменники посредством спуска колонны насосно-компрессорных труб (НКТ) внутрь обсадных колонн. Выполнен ряд опытов по прокачке пресной воды по замкнутой циркуляционной схеме из накопительной емкости – в СТО и вновь – в емкость, при этом изменяли как направление циркуляции, так и скорость прокачки. На входе и выходе СТО были установлены термометры для регистрации изменения температуры во времени. Одновременно регистрировали количество прокачиваемой воды.

Для создания СТО в скважине Людвиновская 1Т использован интервал глубины 0–3287 м (температура забоя – около 65°C), а в скважине Ново-Ельская 43Т – интервал 0–1973 м (температура забоя – около 29°C). На устье была установлена скважинная арматура, позволяющая подавать с поверхности пресную воду в НКТ и отбирать нагретую воду из кольцевого пространства и наоборот. Вода циркулировала по замкнутому контуру. Она подавалась в скважину как через колонну НКТ (прямая схема циркуляции), так и через кольцевое пространство, образованное между обсадной колонной и НКТ (обратная схема). В процессе нисходящего движения в кольцевом пространстве происходит ее подогрев теплом, поступающим в скважину от окружающих горных пород через цементное кольцо и металлическую обсадную колонну. При замкнутой схеме циркуляции вода, откачанная из СТО, возвращалась в емкость, состоящую из двух баков по 20 м³, откуда вновь подавалась в скважину. Стенки баков не имели теплоизоляции, при этом происходила отдача тепла в атмосферный воздух.

В скв. Людвиновская 1Т опыты проведены осенью с 15 ноября по 3 декабря 2012 г., в скважине Ново-Ельская 43Т весной – с 15 мая по 2 июня 2014 г. Температура наружного воздуха была 2–4°C в первом случае и в отдельные дни до 28°C во втором случае.

При использовании обратной схемы циркуляции с расходом 10 м³/час в течение всего опыта в СТО Людвиновская 1Т температура воды в баке колебалась от 2 до 6°C, а воды на выходе из теплообменника изменялась от 6,5 до 11°C, соответственно, рис. 1.

Следует отметить, что используемые термометры позволяли делать отсчеты температуры не лучше чем ±0,5°C. Вследствие этого на обоих кривых распределения температуры на входе и выходе СТО наблюдается ряд ступенек иногда не синхронно отражающихся на верхней кривой из-за тепловой инерционности системы.

Также были проведены опыты при расходе воды через СТО 5 и 20 м³/час. Они из-за краткости сообщения здесь не приводятся.

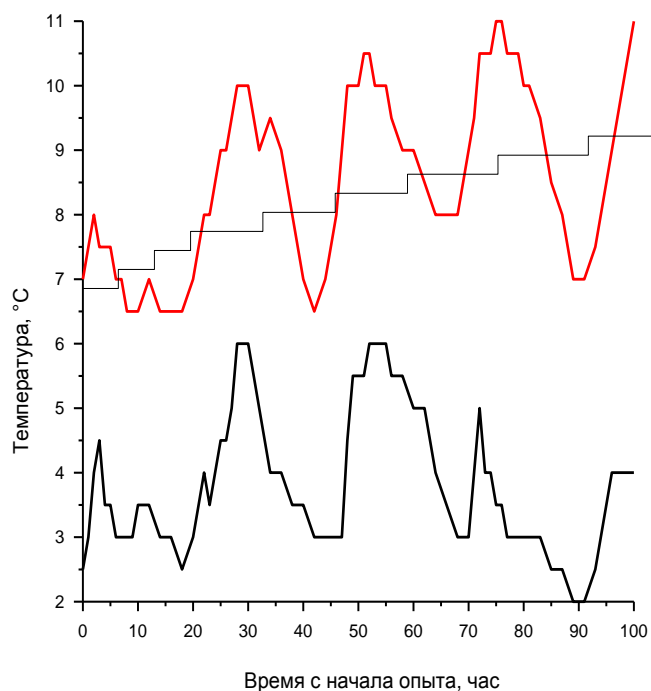


Рис. 1. График температуры при обратной схеме циркуляции и расходе воды 10 м³/час. Обозначения: Температура воды на входе в кольцевое пространство (нижняя кривая), на выходе из НКТ (верхняя кривая) при работе СТО. Ступенчатой линией отмечена тенденция роста температуры на выходе из СТО.

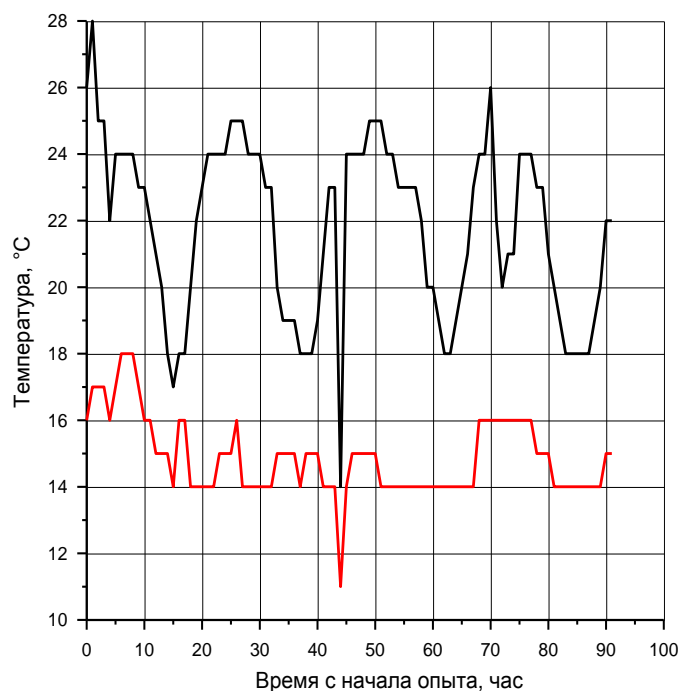


Рис. 2. Изменение температуры при обратной схеме циркуляции и расходе воды 20 м³/час. Условные обозначения: Температура воды на входе в кольцевое пространство СТО верхняя кривая; на выходе из НКТ – нижняя кривая при ее прокачке через СТО.

Отметим лишь, что графики изменения температуры на входе и выходе СТО имеют аналогичный вид. Колебания температуры (рис. 1) вызваны суточными изменениями температуры наружного воздуха, охлаждавшего воду в баках. Другими словами – происходило неконтролируемый отток тепла из баков в атмосферу.

В СТО скважины Ново-Ельская 43Т также выполнены три опыта с разными темпами прокачки при подаче воды в кольцевое пространство с расходом 10, 20 и 30 м³/час. В качестве примера на рис. 2 приведены графики изменения температуры на входе и выходе теплообменника для второго опыта.

Как и ранее, вид графика температуры на выходе воды из СТО в целом повторяет ее ритмичное изменение для воды, подаваемой из бака в теплообменник, эти колебания вызваны суточными изменениями температуры наружного воздуха. Однако амплитуда колебаний температуры на выходе СТО оказалась значительно меньшей по отношению к ее значениям на входе. При этом температура на выходе из СТО постоянно оставалась ниже ее значений на входе и находилась чаще всего в интервале 14–15°C. Отрицательный пик температуры для времени 44 час, возможно, является результатом незарегистрированной кратковременной остановки циркуляции воды через СТО. Такой режим его работы соответствует отдаче тепла от закачиваемой воды в массив горных пород, окружающих ствол скважины и приводит к их нагреванию (моделируется режим кондиционирования объекта), тогда как в скважине Людвиновская 1Т имел место отбор тепла от массива горных пород (режим отопления).

Вынос тепла на i -том интервале времени между двумя отсчетами температуры по термометрам, установленным на входе воды в СТО и на его выходе Q_i равен произведению объемной теплоемкости C_p , умноженной на объем воды V_i , прокачиваемой через скважинный теплообменник в единицу времени, ΔT_i – разность температуры на выходе и входе воды СТО и умноженной на время прокачки t_i .

$$Q_i = C_p \cdot \Delta T_i \cdot V_i \cdot t_i \text{ [Дж]} \quad (1)$$

где $C_p = [\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{K})]$, $\Delta T_i = [^\circ\text{K}]$, $V_i = [\text{м}^3/\text{сек}]$, $t_i = [\text{сек}]$.

Общий вынос тепла в Джоулях из теплообменника за время опыта t равен:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{i=1}^n (C_p \cdot \Delta T_i \cdot V_i \cdot t_i) \quad (2)$$

Результаты расчетов по соотношениям 1 и 2 позволили рассчитать отбор тепла либо его отдачу в массив горных пород. В качестве расчетных значений температуры на входе в СТО приняты средние арифметические значения между температурами в начале и в конце рассматриваемого интервала времени. Аналогичный подход применялся и для определения средней температуры на выходе

теплообменника. При этом считали, что объемная теплоемкость циркулирующей воды C_p неизменна и равна $4,20 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°C).

Тепловая мощность, отбираемая из СТО в скважине Людвиновская 1Т, отличается для каждого из трех опытов. Она зависит от ряда учитываемых параметров: – температуры на входе и выходе СТО, темпа прокачки воды, схемы циркуляции (подача в НКТ либо в кольцевое пространство) и в определенной мере – от колебания температуры наружного воздуха в течение суток. Тепловая мощность в опытах изменялась более чем на два порядка – от 3 до 57,3 кВт. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 Интервал изменения тепловой мощности СТО скважины Людвиновская 1Т

Номер опыта	Темп прокачки, м ³ /час	Схема прокачки	Подача воды в СТО	Тепловая мощность, кВт
1	10	Обратная	Кольцевое пространство	55,1
2, этап I	20	Обратная	Кольцевое пространство	57,3
2, этап II	20	Прямая	НКТ	32,4
2, этап III	20	Обратная	Кольцевое пространство	29,2
3, этап I	5	Обратная	Кольцевое пространство	3,4
3, этап II	5	Прямая	НКТ	3,0

Для скважины Ново-Ельская 43Т тепловая мощность СТО в ходе проведения опытов также изменялась более чем на порядок. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 Интервал изменения тепловой мощности СТО в скважине Ново-Ельская 43Т

Номер опыта	Темп прокачки, м ³ /час	Схема прокачки	Подача воды в СТО	Тепловая мощность, кВт
1	10	Обратная	Кольцевое пространство	Отбор тепла 11,7 кВт; Закачка тепла 14,4 кВт
2	20	Обратная	Кольцевое пространство	Закачка тепла 166,0 кВт
3	30	Обратная	Кольцевое пространство	Закачка тепла 58,5 кВт

В первом опыте при скорости прокачки 10 м³/час и колебании температуры воды на входе в СТО от 14 до 16°С, преобладающая температура на выходе СТО незначительно отличалась (в основном 14–15°С). При этом имел место на отдельных интервалах времени отбор тепла из СТО, но в большинстве случаев – «закачка» тепла в массив горных пород.

В течение второго и третьего опытов имела место только «закачка» тепла в массив горных пород, во время этих опытов температура наружного воздуха в конце весны и в первые дни лета в отдельные часы суток достигала 25–28°С, такая температура была сравнима с температурой на забое скважины на глубине 2000 м – 29,9°С. Высокая температура наружного воздуха приводила к нагреванию воды в накопительном баке от атмосферного воздуха. Наибольшая тепловая мощность СТО в скважине Ново-Ельская 43Т, была получена в опыте 2 при прокачках воды с подачей ее в кольцевое пространство (обратная схема циркуляции) и достигала 166 кВт.

Для обратной схемы циркуляции удельная тепловая мощность (мощность на 1 м³/час прокачиваемой воды) для первого опыта (режим «захоронения» тепла) – 1,44, для второго – 8,3 и для третьего опыта – 1,95 кВт/м³, соответственно. Подчеркнем, что потери вынесенного из СТО тепла в атмосферу через баки либо их нагрев наружным воздухом не учитывались.

В результате проведенных опытов можно отметить, что подача воды в кольцевое пространство обеспечивает более высокую эффективность работы СТО. Его тепловая мощность зависит от ряда параметров и может достигать 150–200 кВт. Доказана эффективность использования законсервированных и ликвидированных обсаженных колонной скважин Припятского прогиба в качестве теплообменников для отбора либо «закачки» тепла от/в массив горных пород. Проведенный ранее эксперимент по скважине Березинская 1 [Зуй и др., 2010] также подтверждает сделанные выводы.

1. Калинин М.И., Баранов А.В. Метод расчета глубинных теплообменников для односкважинной технологии геотермального теплоснабжения. // Разведка и охрана недр. № 6. 2003. С. 53–60.
2. Kohl T., Salton M., Rybach L. Data Analysis of the Deep Borehole Heat Exchanger Plant Weissbad (Switzerland) // Proceedings of the World Geothermal Congress 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 - June 10. 2000. Kyushu – Tohoku. P. 3459–3464.
3. Зуй В.И., Грибик Я.Г., Сусленко А.Л. Опытные работы по созданию теплообменника в скважине Березинская-1 Припятского прогиба / Проблемы региональной геологии Беларуси. IV Университетские геологические чтения, посвященные 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. – Минск, 2–3 апреля 2010 г. (Под ред. Профессора Э.А. Высоцкого). С. 69–70.

В. Н. Губин¹, В. Н. Кузьмин¹, С. И. Зуй²¹ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь² ГНПО "НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам"

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РАЗЛОМНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КИНЕМАТИКИ В РАМКАХ СТАНДАРТА NADM-C1

В связи с автоматизацией обработки данных при инженерно-геологических изысканиях все чаще используется термин *цифровая модель*. Он появился в понятийной структуре цифровой картографии в контексте цифровой модели местности как альтернативы аналоговой карты. По определению *цифровая (картографическая) модель* означает собой логико-математическое представление в цифровой форме объектов (картографирования) и отношений между ними [ГОСТ]. Это определение отличается от понятия "модель данных" лишь утверждением о цифровой форме представления объектов. Карта в этом контексте выступает как набор неструктурированных объектов. Если предположить, что объекты могут иметь внутреннюю структуру, понятие "цифровая модель" в рамках объектно-ориентированного подхода выступает как "цифровая модель объекта". В настоящее время последний является преобладающим в информационных технологиях. В его основе лежат системные требования о возможности наследования признаков объекта при его трансформациях, наличия свойств полиморфности (многовариантностей связей) в отношениях с другими объектами и инкапсуляции как средства поддержания целостности объекта.

Основой цифровой формы объектов выступает бинарный код, который служит для компьютерной обработки пространственных и семантических данных и их ретрансляции (представления) в предустановленные для периферийных устройств форматы. Следует отметить, что для разработки цифровых моделей и их представлений существуют программно-аппаратные средства, рассчитанные на компьютеры разной производительности и архитектуры, а также на разработчиков различного уровня подготовки.

В настоящей работе представлена схема цифровой модели, связанной с разрывно-тектонической кинематикой. Их логико-математическое представление основано на вышеупомянутом объектно-ориентированном подходе. Модель разработана в соответствии со спецификациями отечественного классификатора топографической информации (КТИ) [ГОСТ] и североамериканской модели для геологического картографирования (North American Geologic Map Data Model – Conceptual Model 1.0, NADM-C1, 2004 г.) [NADMSC, 2004]. Концептуальная модель NADM-C1 является объектно-ориентированной, а ее описание или онтология (иерархия классов) дана в терминах языка UML (универсальный язык моделирования), разработанного специально для создания сложно-структурированных концептуальных моделей. Диаграммные UML-структуры создаются визуальным образом и могут непосредственно интерпретироваться программными средствами, создавая цифровые модели различного уровня для хранения, обработки и представления информации в тех или иных компьютерных средах.

Зафиксированная онтология (стандарт) NADM-C1 состоит из трех иерархических уровней. Более низкие уровни могут создаваться и дополняться по правилам UML языка непосредственно самими пользователями. Каждый уровень содержит конечное число сущностей, которые могут дополняться описательными атрибутами. Связи между уровнями носят обобщающий характер, а связь сущность-атрибут – ассоциативный. Наиболее значимые сущности NADM-C1 для настоящей работы приведены в табл. 1. Выделение классов и подклассов в отдельной колонке происходит по принципу иерархического списка в виде отступов. Центральная колонка является корневой. Левая и правая колонки находятся на одном иерархическом уровне. Связь между ключевыми сущностями в колонках выделена курсивом. В таблице сохранен язык источника, поскольку семантика понятий представлена в онтологии геологическим словарем.

Для построения цифровой модели региональной кинематики необходимо определить элементы движения, формы движения и инструменты его измерения. В данной работе элементами движения выступают тектонические геологические структуры. Наиболее простая классификация тектонических платформенных структур приведена в первой колонке табл. 2. Семантика иерархии без труда просматривается и встраивается в профиль онтологии Universe–GeologicUnit–LithotectonicUnit.

Если касаться форм движения, то следует выделить среди них *горизонтальные* и *вертикальные* формы. Эти движения в земной коре происходят вдоль и благодаря разломам. В отечественной практике существуют несколько классификаций разломов. В табл. 3 приведена одна из наиболее известных [Айзберг, 1974] классификаций разломов. Профиль этой иерархии в онтологии – Universe–GeologicStructure – **Fault**. Следует отметить, что доплатформенные разломы имеют аналогичную структуру, отличаясь от платформенных лишь числом и значениями параметрами, которые приведены в других колонках таблицы.

Таблица 1. Геологическая онтология в представлении NADM-C1

GeologicUnit <i>LithotectonicUnit</i> <i>Pedoderm</i> <i>GeomorphologicUnit</i> <i>ChronostratigraphicUnit</i> <i>PolarityChronostratigraphicUnit</i> <i>BiostratigraphicUnit</i> <i>LithodemicUnit</i> <i>LithostratigraphicUnit</i> <i>AllostratigraphicUnit</i> <i>PedostratigraphicUnit</i> <i>MagnetostratigraphicUnit</i> <i>GeologicUnitPart</i>	Universe GeologicConcept <i>GeologicStructure</i> <i>GeologicProperty</i> <i>EarthMaterial</i> GeologicUnit <i>Fossil</i> <i>GeologicRelation</i> <i>GeologicEvent</i> <i>GeologicProcess</i> MetaData <i>Name</i> <i>TextDescription</i> GeologicRepresentation <i>GeologicVocabulary</i> <i>GeologicPortrayal</i> <i>GeologicPortrayal</i> <i>Component</i>	GeologicStructure <i>Fold</i> <i>Foliation</i> <i>Contact</i> <i>Lineation</i> <i>Fracture</i> <i>Joint</i> <i>Layering</i> <i>Fabric</i> <i>PreLithificationStructure</i> <i>BeddingSurface</i> Fault <i>Displacement</i> <i>CompoundGeologicStructure</i> <i>CompoundFabric</i>

Таблица 2. Иерархия тектонических структур

Класс структуры	Структуры
Глобальные структуры	Платформы
Субглобальные структуры	Щиты, плиты
Суперрегиональные структуры	Антеклизы, синеклизы, авлакогены, перикратонные прогибы
Региональные структуры	Массивы, своды, выступы и горсты, впадины и прогибы, грабены, моноклинали, седловины
Субрегиональные структуры	Выступы, горсты, грабены, мульды, прогибы, структурные заливы, тектонические ступени, структурные перегибы

Таблица 3. Иерархия платформенных разломов

Класс разломов	Структуры, ограничиваемые разломами	Размерность, км	Глубинность
Краевые суперрегиональные (крупнейшие надпорядковые)	Крупнейшие надпорядковые (авлакогены и др.)	Многие сотни	Верхняя мантия
Краевые региональные (крупные 1 порядка)	Крупные 1 порядка (прогибы, впадины, грабены, горсты)	Первые сотни	Верхняя мантия или «базальтовый» слой коры
Граничные субрегиональные (средние 2 порядка)	Средние 2 порядка (ступени, грабены, горсты, выступы)	Многие десятки первые сотни	«Базальтовый» или «гранитный» слой коры
Локальные (прочие мелкие 3, 4 порядков)	Мелкие 3, 4 порядков	Многие единицы первые десятки	«Гранитный» или осадочный, иногда «базальтовый»

В настоящее время наиболее удобными и точными инструментами для наблюдений за движениями локальных и региональных геоструктур являются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС). Для фиксации движений блоков измерения производятся на специально организованных геодезических пунктах, расположенных по разную сторону межблоковых разломов. Точки наблюдения структурируются в формы в зависимости от характера наблюдений. Для локальных наблюдений движения вдоль заданного разлома используется *линейный профиль* их нескольких точек, данные измерения в которых для выявления случайных ошибок проверяются на уровень корреляции между собой. Размеры профиля в этом случае могут достигать десятков километров. Если наблюдения проводятся сразу на нескольких блоках, то структурирование проводится по *полигональному* принципу, где точки соединяют в сеть из замкнутых ломаных линий, из которых образуется набор смежных многоугольников. Особо выделяется *триангуляционная сеть*, создаваемая по принципу ближайших соседей. Технология построения такой сети – триангуляция Делоне. В случае фиксации региональных движений размеры сетей могут достигать сотен километров. Следует отметить, что цифровую модель измерительной сети не представляется возможным на генетической основе отнести к представленной выше геологической онтологии. Ее место в геодезическом концепте, например, в классе 11300000 КТИ

[ГОСТ], но по пространственному признаку структуру модели можно ассоциативно привязать к классификационной структуре разломов и отнести в иерархию Universe–GeologicStructure – **Fault**.

Локальная сеть включает в себя один или несколько независимых измерительных профилей поперек разломов протяженностью до 30 км. Инструментами измерений могут быть оптико-электронные тахеометры, измеряющие углы и расстояния между опорными точками, и ГНСС-приемники сигналов от навигационных спутников. Указанная протяженность характерна для размеров ячеек государственной триангуляционной сети первого и второго классов. Как минимум используются два ГНСС-приемника, которые работают в дифференциальном режиме. Обработка данных ведется на совместной основе. *Региональная сеть* строится для измерений движений субрегиональных и региональных геологических морфоструктур и имеет протяженность до 250 км. ГНСС-приемники работают в согласованном по радиосвязи режиме с обработкой данных в реальном масштабе времени (online). Работы по мониторингу ведутся на национальном уровне. *Глобальная сеть* охватывает суперрегиональные, субглобальные и глобальные структуры. ГНСС-приемники фиксируют свое положение в согласованном WEB режиме. Обработка ведется с помощью специального программного обеспечения, рассчитанного на обработку большого числа опорных точек. Наблюдения ведутся Международной службой мониторинга IGS (International GNSS Survey) с привлечением национальных средств и опорных сетей.

В работе предложена цифровая модель, предназначенная для изучения движений геоструктур. Она в рамках выше представленной онтологии NADM-C1 может модифицироваться и дополняться. Отметим, что с сугубо практической точки зрения онтология может быть использована для автоматизированного создания легенд и атрибутивных характеристик электронных геологических карт, а также для обмена ими между потребителями без какой-либо потери информации.

1. ГОСТ 28441-99 Картография цифровая. Термины и определения.

2. NADMSC (North American Data Model Steering Committee). NADM conceptual model 1.0. A conceptual model for geologic map information. – U.S. Geological Survey, Open-File Report 2004-1334. – 2004. 60 P.

3. Айзберг, Р.Е. Разломная тектоника Белоруссии и смежных районов. / Р.Е. Айзберг, Р.Г. Гарецкий. // Сб. Разломы Белоруссии и Прибалтики. – Мн., – 1974. С. 7–24.

УДК: 538.953

Д. Ю. Демежко, А. А. Горностаева, А. Д. Коноплин, И. В. Глазачев
Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

ТЕПЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД КАК ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР: ИЗМЕРЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

Петрофизическая (теплофизическая) характеристика, определяющая способность горных пород к теплообмену с окружающей средой, называется *тепловой активностью* (*thermal effusivity*) [Лыков, 1978]. Иногда используется и другой термин – *тепловая инерция* (*thermal inertia*). Тепловую активность E можно определить и через другие, более «традиционные», теплофизические параметры – теплопроводность (λ), температуропроводность (a) и объемную теплоемкость (ρC) – как:

$$E = \sqrt{\lambda \rho C} = \lambda / \sqrt{a} = \rho C \sqrt{a} \quad [\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{с}^{-1/2}].$$

Такие комбинации «традиционных» теплофизических характеристик нередко возникают в нестационарных задачах геотермии, однако почти никогда они не идентифицируются как самостоятельная теплофизическая характеристика, тепловая активность. Соответственно при вычислениях приходится использовать имеющиеся оценки теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости, полученные разными методами и на различных образцах, что вносит дополнительные погрешности. В докладе рассмотрен ряд задач геотермии, в которых тепловая активность выступает как самостоятельная петрофизическая характеристика и описан программно-аппаратный комплекс для прямых измерений тепловой активности образцов горных пород, разработанный в Институте геофизики УрО РАН.

Перечислим некоторые процессы, динамика которых определяется тепловой активностью.

1. Внедрение интрузивного тела в осадочные породы. В первом приближении эту задачу можно свести к теплообмену двух полуограниченных тел с различной температурой. Несмотря на нестационарность процесса теплообмена, контактная температура в течение длительного периода будет сохраняться постоянной и зависит от разности температур двух тел и соотношения их тепловых активностей. В свою очередь, температура вблизи контакта определяет тип и интенсивность процесса контактового метаморфизма.

2. Теплообмен в активном слое горных пород играет существенную роль в формировании подземного поля температур. Описывая процесс распространения гармонических температурных колебаний с поверхности в глубину часто используют упрощенную модель однородной среды с постоянной температуропроводностью. Применение этой модели в гетерогенных средах предполагает

введение «кажущейся теплопроводности» [Pollack et al., 2005; Sergienko et al., 2008]. Рассчитанная на основе данных температурного мониторинга кажущаяся теплопроводность может меняться в пределах нескольких порядков, что не соответствует реальной изменчивости этой характеристики. В докладе показано, что в тепловом режиме приповерхностной части горных пород существенную роль играют неоднородности тепловой активности, связанные с переменным режимом увлажнения/высыхания.

3. Климатические процессы. Исследованиям температурного отклика Земли на внешнее радиационное воздействие (инсоляция, солнечная активность, парниковый эффект, экранирование излучения вулканическими аэрозолями и др.) традиционно уделяется большое внимание в климатологии. Однако, в большинстве климатических моделей этот процесс существенно упрощают, ограничивая область взаимодействия литосферы с атмосферой тонким слоем пород с некоторой эффективной теплоемкостью [Stevens et al., 2007; MacDougall et al., 2010]. В этом случае температурная реакция на внешнее воздействие проявляется практически мгновенно, что противоречит данным наблюдений и климатическим реконструкциям. Напротив, если не ограничивать область взаимодействия и рассматривать литосферу как полупространство, то окажется, что соотношение амплитуд изменений температуры земной поверхности и теплового потока (пропорционального внешнему форсингу) определяется тепловой активностью горных пород. При этом запаздывание температурной реакции вовсе не зависит от тепловых свойств. Так, для гармонических колебаний оно составляет $1/8$ периода.

Еще одно важное приложение этой задачи связано с разработкой методов реконструкции истории изменения теплового потока через земную поверхность на основе данных скважинной геотермии [Beltrami, 2001; Beltrami et al., 2002]. Особенно актуальны реконструкции долговременных изменений теплового потока – за десятки тысяч лет – по данным термометрии глубоких скважин [Demezhko et al., 2013; Демежко, Горностаева, 2014]. Они позволяют сопоставить масштаб и хронологию изменений теплового потока с изменениями инсоляции, обусловленными орбитальными факторами (т.н. циклами Миланковича), и, в конечном итоге, – лучше понять функционирование климатической системы.

4. Дистанционные зондирования Земли и планет. Определяющая роль тепловой активности в температурном отклике поверхности Земли и других планет на суточные вариации теплового потока лежит в основе методов дистанционного (космического) зондирования [Price, 1977; Mellon, Putzig, 2007]. По разности дневных и ночных радиационных температур с учетом альбедо можно оценить тепловую активность, которая, в свою очередь, определяется типом пород, их увлажненностью, характером растительности и т.д. Данные прямых измерений тепловой активности природных сред могут служить для калибровки методов дистанционного теплового зондирования.

Прямое измерение тепловой активности реализуется принципиально проще измерений «традиционных» теплофизических параметров. Поскольку тепловая активность, в отличие от тепло- и теплопроводности, определяет динамику теплообмена между телами – нет необходимости в разработке специальных мер для устранения влияния датчика (установки) на результаты измерений. Напротив, контролируя процесс теплообмена с материалом датчика, можно оценить тепловую активность контактирующего с ним образца. Предложенный нами способ основан на возбуждении плоских температурных волн на поверхности эталонной пластины, контактирующей с исследуемым материалом, и измерении температурных колебаний в пластине на разных расстояниях от источника [Демежко, 2011, Демежко и др., 2011, 2012]. Способ реализован в программно-аппаратном комплексе для измерения тепловой активности, включающем:

1. датчики тепловой активности, состоящие из корпуса, эталонной пластины, выполненной из различных материалов (фторопласт, оптическое стекло, кварц, сапфир), плоского нагревателя и двух термопар К-типа, вмонтированных в эталонную пластину;
2. цифрового двухканального термометра термопар;
3. блока питания;
4. коммутирующего устройства, обеспечивающего интерфейс термометра с компьютером и управление режимом нагрева;
5. компьютера с программным обеспечением, позволяющим управлять процессом измерения и рассчитывать тепловую активность образца.

Исследования выполнены в рамках Программы УрО РАН №18. "Фундаментальные закономерности геологического развития Урала и прилегающих территорий", проект "Разработка петрофизических методов исследований горных пород с целью изучения глубинного строения и развития земной коры Урала".

1. Лыков А.В. Теплообмен. – М.: Энергия, 1978, 480 с.

2. Демежко Д.Ю. Измерение тепловой активности твердых материалов контактным методом. // Приборы и техника эксперимента, 2011, №6, С. 127–132

3. Демежко Д.Ю., Дергачев В.В., Рыбаков Е.Н. Контактный метод определения тепловой активности твердых материалов // Измерительная техника. М., 2011, N 10. С.34–36

4. Демежко Д.Ю., Дергачев В.В., Клишин А.В., Рывкин Д.Г. Патент РФ № 2462703 на изобретение «Способ определения тепловой активности материалов и устройство для его осуществления». Приоритет изобретения 19.07.2010. опубликовано 27.09.2012, бюлл. №27.

5. Демежко Д.Ю., Горностаева А.А. Реконструкции долговременных изменений теплового потока через земную поверхность по данным геотермии глубоких скважин. // Геология и геофизика, 2014, Т.55, №12, С. 1841–1846
6. Beltrami H. Surface Heat Flux Histories from Geothermal Data: Inferences from Inversion. // Geophys. Res. Lett., 2001, 28(4), P. 655–658.
7. Beltrami H., Smerdon J., Pollack H. and S. Huang. Continental heat gain in the global climate system. // Geophys. Res. Lett., 2002, V. 29, No. 8, P. GL014310
8. Demezhko D.Yu., Gornostaeva A.A., Tarkhanov G.V. Esipko O.A. 30,000 years of ground surface temperature and heat flux changes in Karelia reconstructed from borehole temperature data. // Bulletin of Geography. Physical Geography Series, Versita Publishing, 2013, No6, P. 7–25.
9. MacDougall A.H. et al. Comparison of observed and general circulation model derived continental subsurface heat flux in the Northern Hemisphere // Journal of Geophysical Research, 2010, V. 115, №. D12, P. D12109.
10. Mellon, M.T.; Putzig, N.E. The Apparent Thermal Inertia of Layered Surfaces on Mars / 38th Lunar and Planetary Science Conference, (Lunar and Planetary Science XXXVIII), held March 12–16, 2007 in League City, Texas. LPI Contribution No. 1338, P.2184
- Pollack, H.N., J.E. Smerdon, and P.E. van Keken. Variable seasonal coupling between air and ground temperatures: A simple representation in terms of subsurface thermal diffusivity // Geophys. Res. Lett., 2005, V. 32, P. L15405.
- Price, J.C. Thermal inertia mapping: A new view of the earth: // Journal of Geophysical Research., 1977, V. 82, P. 2582–2590.
11. Sergienko O.V., MacAyeal D.R., Thom J.E. Reconstruction of snow/ice thermal diffusivities from observed temperature variation: application to iceberg C16, Ross Sea, Antarctica, 2004–07. // Annals of Glaciology, 2008, V. 49, P. 91–95.
12. Stevens M.B. et al. Effects of bottom boundary placement on subsurface heat storage: Implications for climate model simulations // Geophysical Research Letters, 2007, V. 34, No 2. P. L02702.

Джозеф Огар

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ЛОВУШКИ И КОЛЛЕКТОРЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЕЛЬТЫ НИГЕРА И ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Нефтесодержащие породы дельты Нигера. На территории Нигерии выявлены более 300 континентальных шельфовых нефтяных месторождений. Нефть в дельте Нигера добывают в основном из песков и песчаников формации Агдаба. Характеристики месторождений нефти и коллекторские свойства пород контролируются условиями и глубиной залегания продуктивных толщ. Нефтесодержащие породы эоценового и плиоценового возраста изменяются по мощности от менее 15 до 45 м и отличаются по емкости коллекторов до 10%.

Лучшие коллекторы часто представлены отложениями залежей сложного строения. Основные нефтесодержащие структуры различаются по геометрии залежей и качеству нефти. Примерами таких структур являются отложения рукавов речной дельты и прибрежные барьерные массивы, периодически прорезаемые песчаными каналами. Коллекторы аванделты Нигера сложены миоценовыми параллельными песчаниками с пористостью до 40%, с коэффициентом фильтрации 2 Дарси и мощностью около 100 метров.

Латеральная изменчивость мощности нефтесодержащих пород в значительной степени контролируется разрывными нарушениями, мощность залежей увеличивается в направлении разрыва в пределах опущенного блока. Размер зерен нефтесодержащих песчаников изменяется по направлению речного потока, песок становится мельче с удалением от основания конуса выноса. Это значит, что зерна песков дельтовых проток уменьшаются в размере от края дельты, а пески барьерных массивов, в свою очередь, становятся более однородными. Большая часть этих песчаников практически неуплотненные, некоторые содержат небольшую примесь аргиллитового цемента. Пористость незначительно уменьшается с глубиной из-за относительной молодости и «холодности» отложений дельтового комплекса.

Компьютерное тектоно-стратиграфическое моделирование показывает наличие локальных подвижек вдоль наклонного края разрывных нарушений, которые контролируют мощность и литофации потенциальных глубокозалегающих нефтеносных песков (рис. 1.1).

Ловушки и покровы. Наиболее известные ловушки дельты Нигера – структурные, хотя также встречаются и стратиграфические ловушки. Структурные ловушки образовывались во время постседиментационных деформаций параллельного комплекса Агдаба. Структурная сложность возрастает с севера (ранние периметры накопления) на юг (поздние периметры накопления) в зависимости от увеличения неустойчивости нижележащих переуплотненных сланцев. Разнообразие структурных элементов ловушек включает в себя: простые «клавишные» структуры, заполненные глинистым материалом каналы, структуры с многочисленными разрывами, структуры с антитетическими разрывами и структуры разрушенных поднятий (рис. 1.2).

На флангах дельты стратиграфические ловушки столь же важны и вероятны, как и структурные. В этой зоне между диапировыми структурами встречаются карманы песчаника. По направлению к фронту дельты (вниз по склону от основания дельты), эта последовательность песчаника и сланца постепенно переходит преимущественно в песчаник.

Первичная покрывка дельты Нигера – это переслаиваемый сланец формации Агдаба. Он обеспечивает три типа покрывок: вдоль разрывных нарушений, над изолированными телами песчаника и вертикальные покрывки. На флангах дельты эрозионные процессы миоценового возраста сформировали каньоны, заполненные глиной. Эти глины формируют покрывки для некоторых шельфовых нефтеносных зон.



Рис. 1. Схематическое изображение местонахождения котловин ранней дельты Нигера, центров нефтенакопления и зоны шельфового склона [Bustin, 1988]

Коллекторские свойства нефтеносных отложений Припятского прогиба. В отличие от дельты Нигера, нефтеносные толщ Припятского прогиба имеют девонский возраст [Айзберг, 1968]. В пределах палеоструктур четко проявляются изменчивость коллекторских свойств продуктивных толщ, их индивидуальные литологические, петрографические и геохимические особенности [Геология..., 2001]. Гранулометрический и минералогический состав пород, как правило, контролируется палеотектоническим фактором. Содержание кварца, полевых шпатов, рудных минералов, гранатов, турмалина, циркона и ставролита больше в их сводах и меньше в крыльевых и периклинальных частях. Слюдистыми минералами сильно обогащены алевролиты крыльевых участков [Высоцкий и др., 1996].

Как установлено, диапазон глубин 1500–2000 м соответствует первой зоне развития карбонатных пород с высокими емкостными и фильтрационными свойствами [Гарецкий, 1972]. Для отложений семилукского горизонта среднее значение открытой пористости равно 6,7; воронежского – 7, задонского – 14,7%.

На глубинах 2500–3250 м наблюдается вторая зона развития пород с аномально высокими коллекторскими свойствами. Для подсолевых отложений семилукского горизонта среднее значение открытой пористости составляет 8,5; воронежского – 6,8; задонского – 11,3%. [Геология, 2001] К этой зоне в прогибе приурочены основные скопления углеводородов межсолевого (2500–2750) и подсолевого карбонатного (глубина 2750–3250) м комплексов девона.

Известные нефтяные залежи Припятского прогиба приведены на рис. 3. На глубине 4000–4250 м в прогибе отмечена третья зона развития высокочемких коллекторов. Максимальная открытая пористость пород на глубине 4000–4500 м составляет для семилукского горизонта 6,2; воронежского – 5,9; задонского – 9,6%. [Бескопильный, 2009].

Аномально высокие коллекторские свойства пород в Припятском прогибе, как и в других нефтеносных районах, непосредственно связаны с границей устойчивости кальцита [Кудрявцев, 1973]. При этом, в отличие от других нефтеносных областей, процессы интенсивной кальцитизации пород затухают на глубине 2500–3000 м, что характерно для регионов со слабой напряженностью теплового поля. Вследствие этого в погружающихся породах возникает вторичная пористость, связанная с растворением кальцита. При этом, выделенные аномальные зоны развития коллекторов на определенных глубинах – это зоны глубинного увеличения проницаемости и емкости пустотных пространств за счет неустойчивости кальцита на глубине свыше 2500 м. Вторичная пористость, возникающая при растворении доломита, сульфатов и серицита, распространена меньше.

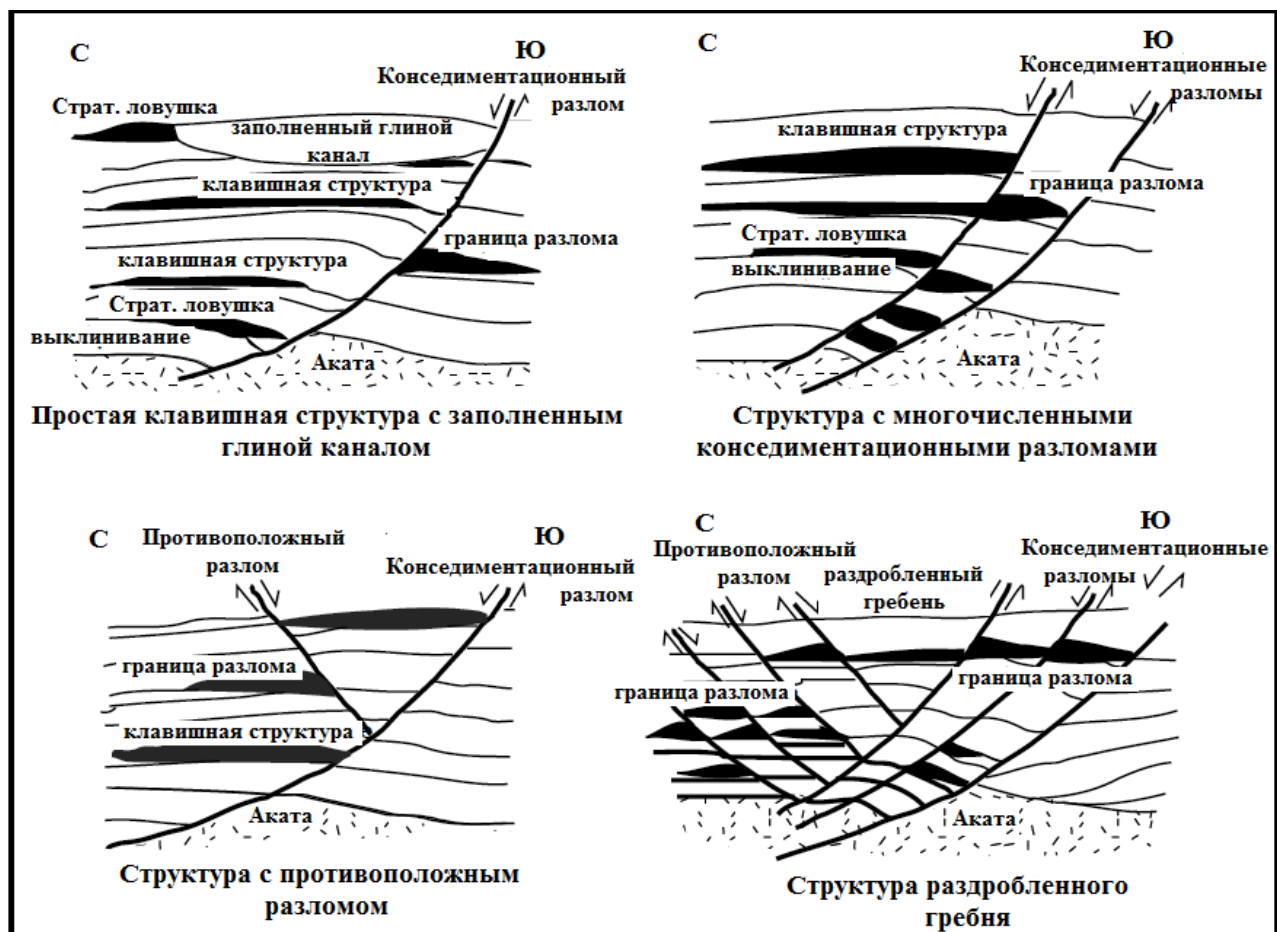


Рис. 2. Примеры структуры и сочетаний типов ловушек дельты Нигера [Bustin, 1988]

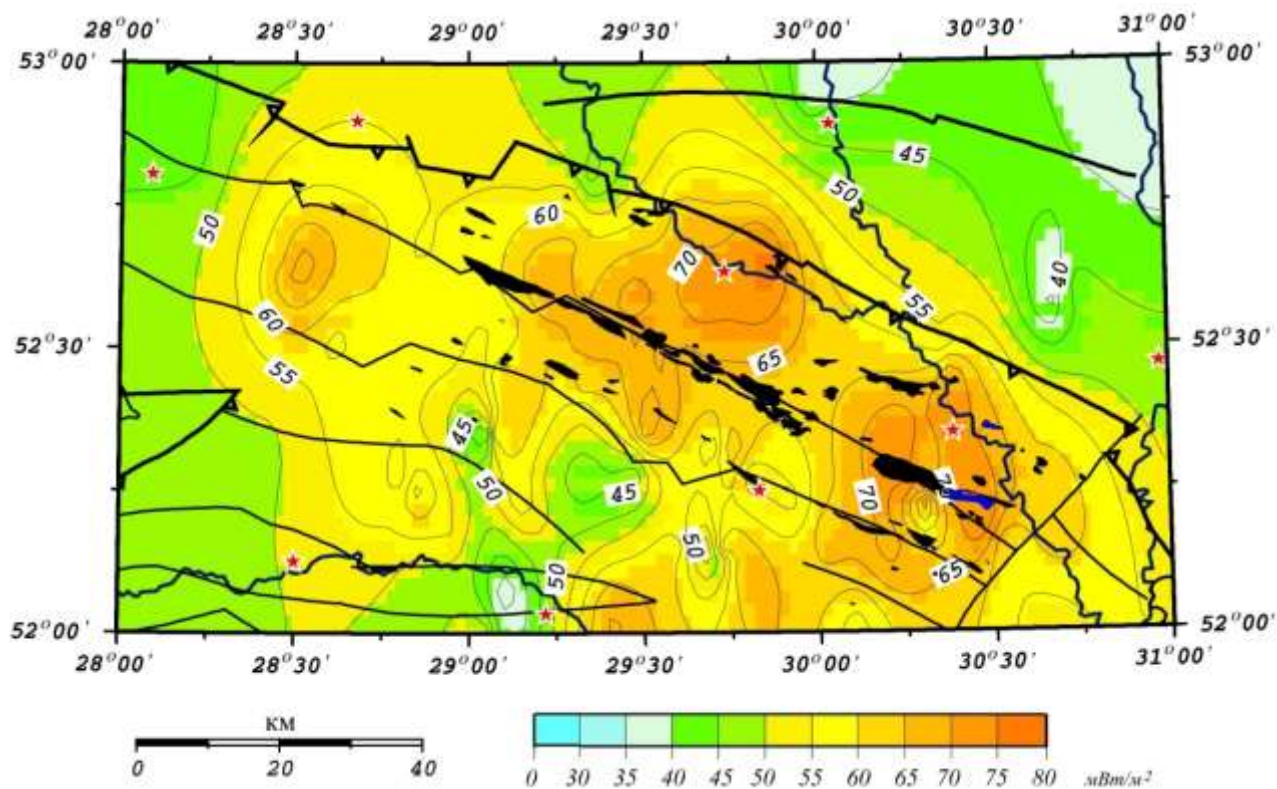


Рис. 3. Положение залежей углеводородов в Припятском прогибе на фоне распределения плотности теплового потока (мВт/м^2) [Зуй, 2013].

Таблица 1 Взаимосвязь коллекторских свойств девонских подсолевых терригенных и карбонатных пород Припятского прогиба с глубиной [Багринцева, 1999]

Глубина, м	Горизонт								
	Пашийско-кыновский		Старооскольский			Семи-лук-ский	Воронежский		Задонско-елецкий
	Открытая порис-тость, %	Газопроницаем, мД	Открытая порис-тость, %	Газопрони-цаемость, мД		Открытая порис-тость, %	откры-тая порис-тость, %		Открытая порис-тость, %
				сред-няя	макс-и-мальная		сред-няя	макс-имал-ьная	
1500	16,1	6,4	17,8	33,3	66,1	3,0	3,45	3,8	12,8
1500–2000	19,8	142,1	23,5	570,0	1098,0	6,7	7,02	11,2	14,7
2000–2500	16,7	535,3	22,3	698,0	1534,0	5,2	5,00	10,7	13,3
2500–2750	15,1	358,5	21,4	645,0	1048,0	8,5	6,84	15,0	11,3
2750–3000	14,3	59,4	17,6	645,0	1048,0	8,5	6,84	15,0	11,3
3000–3250	11,3	45,7	13,6	148,0	665,9	7,1	6,02	15,9	7,9
3250–3500	9,9	28,1	13,6	148,0	665,9	7,1	6,02	15,9	7,9
3500–4000	8,9	3,4	12,9	80,2	670,0	6,4	4,89	8,9	7,4
>4000	8,1	3,1	11,9	64,6	176,6	6,2	5,94	10,4	9,6

1. Айзберг, Р.Е. Нефтегазоносность недр Белорусской ССР / Р.Е. Айзберг, В.Г. Акулич, П.В. Анцупов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1968 – 95 с.
2. Багринцева, К.И. Условия формирования и свойства карбонатных пород коллекторов нефти и газа / К.И. Багринцева. – М.: РГТУ, 1999 – 285 с.
3. Бескопыйный, В.Н. Атлас природных резервуаров и углеводородов нефтяных месторождений Беларуси / В.Н. Бескопыйный. – Гомель: Сож, 2009 – 210 с.
4. Высоцкий, Э.А. Геология и полезные ископаемые Республики Беларусь: учебное пособие для вузов / Э.А. Высоцкий, Л.А. Демидович, Ю.А. Деревянкин. – Минск: Университэцкае, 1996 – 184 с.
5. Гарецкий, Р.Г. Геология нефтяных и газовых месторождений / Р.Г. Гарецкий. – М.: Недра, 1972 – 300 с.
6. Геология Беларуси. / под ред. А.С. Махнач и др. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001 – 815 с.
7. Зуй В.И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси. – Минск, 2013 – 256 с.
8. Кудрявцев, Н.А. Генезис нефти и газа / Н.А. Кудрявцев. – Л.: Недра, 1973 – 219 с.
9. Bustin, R. M. Sedimentology and characteristics of dispersed organic matter in Tertiary Niger Delta: origin of source rocks in a deltaic environment / R. M. Bustin American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1988 – 277–298 p.

УДК 556.382:681.3(476)

М. А. Дзям’яненка

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь

ІНЖЫНЕРНА-ГЕАЛАГІЧНЫЯ ЎМОВЫ БУДАЎНІЦТВА БЕЛАРУСКА-КІТАЙСКАГА ІНДУСТРЫЯЛЬНАГА ПАРКА

Па выніках інжынерна-геалагічных даследаванняў, якія праводзіліся аддзелам інжынерна-геалагічных даследаванняў ПРУП “Геасэрвіс” у 2013 г., у межах Беларуска-Кітайскага індустрыяльнага парка было абаснавана выдзяленне трох пляцовак ў Смалявіцкім раёне Мінскай вобласці. Першая пляцоўка знаходзіцца каля вёскі Бярозава Гара Смалявіцкага раёна. Другая пляцоўка размешчана каля вёскі Быкачына Смалявіцкага раёна. Трэцяя пляцоўка знаходзіцца каля вёскі Ганчароўка Смалявіцкага раёна. На першай пляцоўцы выдзяляецца два інжынерна-геалагічныя раёны (І і ІІ). У межах першага раёна выдзяляюцца яшчэ два падраёны (ІІ-А і ІІ-Б).

Інжынерна-геалагічны раён І першай пляцоўкі мае такія характарыстыкі - глыбіню залягання ўзроўню грунтовых вод менш за 2,0 м, умовы абмежавана спрыяльныя для будаўніцтва. Пры максімальным уздыме ўзроўню вады ў вадасховішчы значная частка тэрыторыі раёна можа часова падтопівацца. Магчымае актывізацыя працэсаў забалочвання найбольш паніжаных участкаў. У геалагічнай будове прымаюць удзел азёрныя і алювіяльныя адклады, як правіла, абводненыя. На тэрыторыі інжынерна-геалагічнага раёна І ёсць такія неспрыяльныя інжынерна-геалагічныя фактары, як: высокі, з улікам прагнозу, узровень залягання грунтовых вод; неспрыяльныя ўмовы паверхневага сцёку, магчымае затоплення найбольш паніжаных участкаў тэрыторыі паверхневымі водамі; наяўнасць у разрэзе карбанатных слабазатарфаваных парод, якія валодаюць павышанай сціскасцю; лінзаў і праслоў малатрывалых пяскоў; здольнасць супескаў да цыклатропнага разутрывалення пры дынамічным уздзеянні, пучэння пры прамярзанні. Пры будаўніцтве можа спатрэбіцца вялікі аб’ём планіровачных работ, будаўнічае водапаніжэнне і водаахоўныя мерапрыемствы.

Умовы інжынерна-геалагічнага раёна II адносна спрыяльныя для будаўніцтва. Па глыбіні залягання ўзроўню грунтовых вод ён дзеліцца на два падраёны. Умовы паверхневага сцёку здавальняючыя. Геалагічная будова прадстаўлена флювіягляцыяльнымі пяскімі ад дробных да жвірыстых, сярод іх пераважаюць пяскі сярэдняй трываласці і трывалыя. Асобнымі свідравінамі з паверхні ўскрытыя лінзы малатрывалых пяскоў. Неспрыяльнымі інжынерна-геалагічнымі фактарамі на тэрыторыі падраёна II-A з'яўляюцца: незаканмернае заляганне малатрывалых пяскоў, неаднароднасць пяскоў па трываласці, значная зменлівасць магутнасці інжынерна-геалагічных элементаў. Пры праектаванні неабходна ўлічыць, што ў выпадку выкарыстання пяскоў малатрывалых у якасці падсілаючых адкладаў, іх механічныя ўласцівасці неабходна вызначаць прамымі палявымі метадамі. Падраён II-B - грунтовыя воды да глыбіні 10 м не ўскрытыя або залягаюць глыбей за 5 м. Літалагічны разрез прадстаўлены пяскімі флювіягляцыяльнымі ад дробных да жвірыстых, падсілаемых на асобных участках марэннымі супескамі. Пераважаюць пяскі сярэдняй трываласці і трывалыя. Неспрыяльнымі інжынерна-геалагічнымі фактарамі на тэрыторыі падраёна з'яўляюцца: неаднароднасць пяскоў па трываласці, наяўнасць малатрывалых грунтоў, павышаная іх сціскальнасць. Большая частка пляцоўкі размешчана ва ўмоўна спрыяльным для будаўніцтва II-B падраёне інжынерна-геалагічнага раёна II са здавальняючымі ўмовамі паверхневага сцёку, нізкім узроўнем залягання грунтовых вод і пераважна дастаткова надзейнымі характарыстыкамі трывалых і дэфармацыйных уласцівасцяў пячаных грунтоў. Пры выбары тыпу падмуркаў і глыбіні іх закладання неабходна ўлічваць становішча ўзроўню грунтовых вод і магчымасць яго прагнознага ўздыму. Варта мець на ўвазе, што пры забудове можа змяніцца як узроўневы рэжым, так і хімізм падземных вод з-за змены ўмоў паверхневага сцёку, інфільтрацыі і выпарэння, фільтрацыйных уласцівасцяў грунтоў, змены вобласці жывлення і разгрузкі, уцечак з воданасучых камунікацый і іншых фактараў. У выпадку неабходнасці праектавання будаўнічага водапаніжэння, гідрагеалагічныя параметры ваданоснага гарызонту павінны быць атрыманы з дапамогай спецыяльных гідрагеалагічных даследаванняў. Наяўнасць у разрэзе асобных лінзаў малатрывалых пяскоў характэрна для ўсёй пляцоўкі. Істотна ўплываць гэтыя лінзы на выбар падмуркаў не будуць. Пасля вывучэння іх механічных уласцівасцяў можна прыняць пэўныя канструктыўныя мерапрыемствы (выманне, ўшчыльненне, прарэзка сваямі і інш.). Пры праектаванні і будаўніцтве варта ўлічыць, што падрэзка схілаў узгоркаў можа выклікаць эразійныя працэсы.

У межах другой пляцоўкі неспрыяльныя геалагічныя працэсы не ўстаноўлены. Умовы паверхневага сцёку здавальняючыя. Пад глебава-раслінным грунтам тут залягаюць флювіягляцыяльныя адклады, прадстаўленыя пяскімі пылаватымі, дробнымі, сярэдняй трываласці і трывалымі, а таксама супескамі пластычнымі. Гліністыя адклады распаўсюджаны ў выглядзе маламагутных лінзаў і праслояў тоўшчы пяскоў. Там усе грунты непрасадачныя па ступені пучыністасці пры прамярзанні, прадстаўлены пяскімі пылаватымі дробнымі і супесямі ўмоўна непучыністымі. Пры праектаванні падмуркаў на прыроднай аснове ва ўмоўна непучыністых грунтах варта прадугледжваць надзейны адвод з пляцоўкі атмасферных і вытворчых водаў. Таксама варта ўлічваць лінзападобнаую будову падсілаючых адкладаў, складзеных грунтамі рознай трываласці, і магчымасць фармавання верхаводкі на гліністых праслойках і на даху супеску. Пры будаўніцтве павінны прымяняцца метады прац, якія не прыводзяць да пагаршэння ўласцівасцяў падсілаючых грунтоў змочваннем, размывам паверхневымі водамі, прамярзаннем, пашкоджаннем механізмамі і транспартам.

У межах трэцяй пляцоўкі парушаны ўмовы паверхневага сцёку. З-за таго, што з паверхні распаўсюджаны слабафільтруючыя гліністыя грунты, у лакальных замкнёных паніжэннях на спланаваных участках могуць скоплівацца паверхневыя воды. Інжынерна-геалагічныя ўмовы тэрыторыі пераважна спрыяльныя, у заходняй і ўсходняй частках пляцоўкі абмежавана спрыяльныя. Тут залягаюць суглінкі, супескі і пяскі марэнныя, супескі і суглінкі лёсападобныя, ва ўсходняй і заходняй частках яны перакрытыя насыпнымі грунтамі. Насыпныя грунты прадстаўлены адваламі супеску, часта перамяшаных з пяскімі, няўшчыльненымі (даўнасць адсыпкі менш за два гады), у заходняй і паўднёва-ўсходняй частцы пляцоўкі распаўсюджаныя ніжэй за меркаваную падэшву падмуркаў. У якасці падмурка без спецыяльнай падрыхтоўкі выкарыстоўвацца не могуць. Пры праектаванні можна прадугледзець прарэзку насыпных грунтоў, альбо іх замену ўшчыльненай пячанай падушкай. Лёсападобныя суглінкі, супескі распаўсюджаныя лакальна, у заходняй частцы пляцоўкі, залягаюць ніжэй за падэшву падмуркаў. Яны непрасадачныя, здольныя да цыклатропнага разутрывалення пры дынамічных нагрузках, лёгка размакаюць, размываюцца, пучыністыя пры прамярзанні. Лёсападобныя супескі пагаршаюць трываласць і дэфармацыйныя ўласцівасці пры дадатковым воданасычэнні. Пры праектаванні і будаўніцтве варта ўлічваць магчымасць фармавання верхаводкі ў пясах верхняй часткі супескаў, суглінкаў, у насыпных грунтах, у грунтах падсыпкі; магчымасць фармавання вод спарадычнага распаўсюджвання на любым участку разреза гліністых грунтоў, якія змяшчаюць пячаныя праслойкі і лінзы; здольнасць лёсападобных суглінкаў і супескаў да цыклатропнага разутрывалення пры дынамічным уздзеянні на іх (пры пераходзе ў цякучапластычны і цякучы стан); магчымасць праяўлення пучыністых уласцівасцяў у воданасычаных пылаватых пясах пры прамярзанні; распаўсюджванне насыпных грунтоў, якія не злягаліся, ніжэй за меркаваную падэшву падмуркаў ў заходняй і ўсходняй частках пляцоўкі; абцяжараныя ўмовы паверхневага сцёку.

М. А. Дубаневич*Белорусский государственный университет. Минск, Беларусь***АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В НАРУШЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ УСЛОВИЯХ НА ВОДОЗАБОРАХ г. МИНСКА В ПЕРИОД 2000–2013 гг**

Хозяйственно-питьевое и техническое водоснабжение г. Минска и Минского района основано на использовании, главным образом, подземных вод. Водоотбор и режимные наблюдения за уровнями подземных вод осуществляются на 12 групповых действующих водозаборах: «Новинки», «Петровщина», «Зеленовка», «Дражня», «Боровляны», «Острова», «Волма», «Вицковщина», «Водопой Северный», «Водопой Южный», «Фелицианово» и «Зеленый Бор».

Уровенный режим подземных вод изучался с 2000 по 2013 гг. по данным замеров в наблюдательных скважинах, оборудованных на водоносные днепровско-сожский водно-ледниковый и валдайский терригенный комплексы. Данные режимных наблюдений для анализа были предоставлены Государственным предприятием «НПЦ по геологии».

Анализ режимных наблюдений за 2000–2013 гг. показал, что снижение уровней подземных вод в водоносном днепровско-сожском водно-ледниковом комплексе изменялось от +0,14 до 14,7 м, в водоносном валдайском терригенном комплексе снижение уровней достигало 21,4 м. Более подробный анализ многолетних изменений уровня режима приведен для водозаборов «Новинки», «Петровщина», «Зеленовка» и «Дражня», как имеющих наибольшее значение для водоснабжения г. Минска.

Водозабор «Новинки» расположен в северо-западной части г. Минска. Наблюдения за уровнями подземных вод водоносного днепровско-сожского водно-ледникового комплекса проводились по 8 скважинам. Скважина 1307 расположена в наиболее нагруженной части водозабора. По данным режимных наблюдений максимальное снижение уровня подземных вод равно 11,0 м наблюдалось в период с 2007 по 2009 гг. при величине водоотбора 54,1–53,5 тыс. м³/сут. В 2003 г. при минимальном водоотборе равно 49,4 тыс. м³/сут зафиксировано наименьшее снижение равно 7,7 м (рис. 1.1) [Березко, 2011].

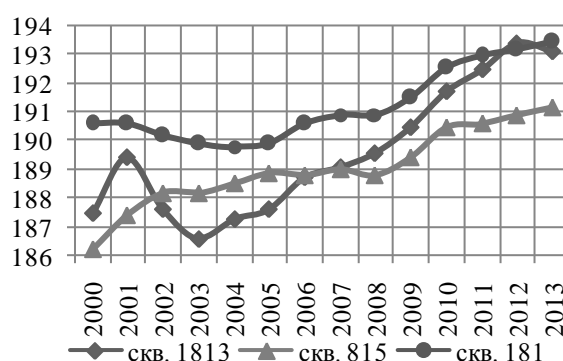
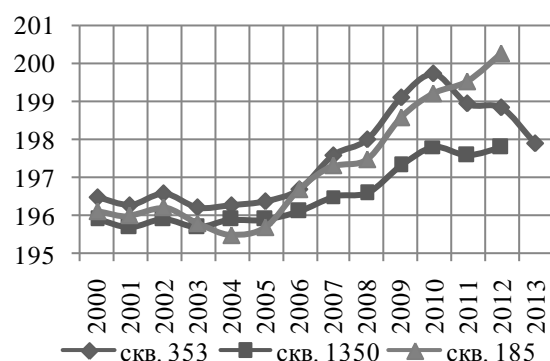
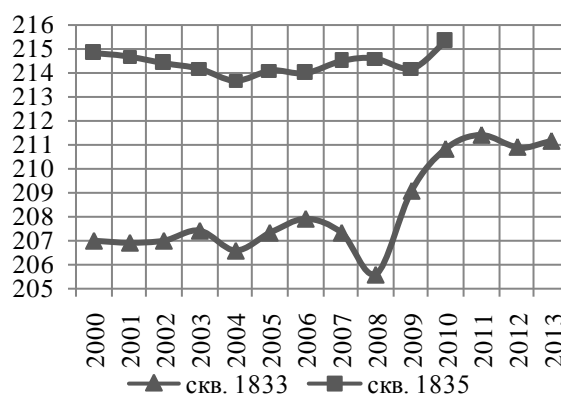
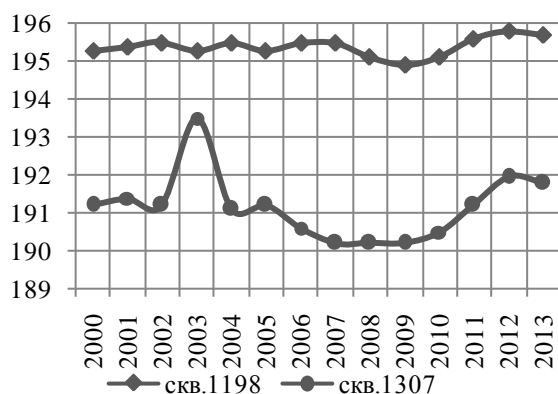
В скв. 1198, расположенной в 3 км от центра водозабора вблизи русла р. Свислочь, максимальное снижение уровня составило 0,8 м в 2009 г., а минимальное снижение (0,01 м) в 2013 г. Такие небольшие величины снижений и расположение скважины у р. Свислочь говорят о значительной роли гидрологического фактора на изменения уровня режима подземных вод. В скв. 2676, расположенной в 4 км от центра водозабора, максимальное снижение 2,7 м отмечено в период с 2003 по 2005 гг., а также в 2009 г. Минимальное значение 2,2 м отмечено в 2007 и 2013 гг.

Абсолютные отметки поверхности уровней в эксплуатируемом водоносном комплексе изменялись в пределах от 190,2 до 208,5 м.

Наблюдения за уровнями подземных вод водоносного валдайского терригенного комплекса проводились в скв. 191 на восточном фланге водозабора. Здесь в период наблюдений 2000–2004 гг., когда водоотбор находился на уровне 4,8–5,5 тыс. м³/сут, абсолютные отметки поверхности уровней в скв. 191 составляли 167,5–168,0 м. С 2005 по 2009 гг. отбор воды сократился до 3,8–4,0 тыс. м³/сут и уровни поднялись до отметок 175,0–180,0 м. Затем в связи с дальнейшим резким сокращением водоотбора до 1,0–0,2 тыс. м³/сут абсолютные отметки уровня поверхности возросли до 183,0–185,0 м. Таким образом, амплитуда колебания уровней составила около 20,0 м.

Водозабор «Петровщина» расположен в юго-западной части г. Минска. Здесь, по данным режимных наблюдений за уровнями подземных вод водоносного днепровско-сожского водно-ледникового комплекса, в скв. 1833 (центр водозабора) при максимальном водоотборе 22,4 тыс. м³/сут в 2008 г. произошел спад уровня, вследствие чего зафиксировано максимальное снижение уровня подземных вод 10,7 м за период наблюдений (рис. 1.2). Минимальное снижение составило 4,9 м в 2011 г. при величине водоотбора 3,9 тыс. м³/сут. В скв. 1835, находящейся в 4,2 км к юго-западу от центра водозабора, максимальное снижение составило 2,6 м. Абсолютные отметки поверхности уровней в эксплуатируемом водоносном комплексе изменялись от 205,6 м до 216,4 м.

Наблюдения за уровнями подземных вод валдайского комплекса проводились в скв. 186 и 187. В скв. 187, находящейся в центре водозабора, при минимальном водоотборе 0,1–0,2 тыс. м³/сут уровень подземных вод поднимался до абсолютной отметки 200,3 м, при максимальном водоотборе 2,0–2,5 тыс. м³/сут – снижался до отметок 155,0–169,0 м. Амплитуды колебаний уровня подземных вод за период наблюдений изменялись в широких пределах: от 0,4 до 25,0 м. Скважина 186 находится на значительном расстоянии от линии водозаборных скважин в 10,5 км к западу у д. Птичь. Уровни воды здесь колебались в пределах 215,0–216,7 м, а в 2011 г., когда водоотбор практически отсутствовал, уровень повысился до отметки 218,2 м. В целом, колебания уровня воды соответствуют естественным условиям [Березко, 2011].



1 Абс. отм., м
2 Абс. отм., м
Графики среднегодовых значений уровней подземных вод водоносного днепровско-сожского водно-ледникового комплекса на водозаборах г. Минска:
1 – «Новинки», 2 – «Петровщина», 3 – «Зеленовка», 4 – «Дражня» (графики составлены автором по материалам Государственного предприятия «НПЦ по геологии»)

Водозабор «Зеленовка» расположен на северо-востоке города. Наблюдения за уровнями подземных вод днепровско-сожского водно-ледникового комплекса проводились по скв. 185, 353 и 1350. Скв. 185 расположена в центральной части водозабора. Максимальное снижение в ней составило 9,9 м в 2004 г. при величине водоотбора 31,9 тыс. м³/сут. В 2012 г. при отборе воды 14,3 тыс. м³/сут произошел подъем уровня, снижение уровня подземных вод достигло минимума и составило 5,1 м. В период с 2009 по 2012 гг. резких колебаний уровней не отмечалось, и их снижение изменялось в диапазоне от 5,1 до 6,8 м (рис. 1.3). В скв. 1350, расположенной в 4,4 км от центра водозабора, максимальное снижение уровня относительно первоначального составило 4,0 м в 2001 г. и 2003 г., минимальное – 1,5 м в 2010 г. Абсолютные отметки уровня поверхности в эксплуатируемом водоносном комплексе в центральной части водозабора изменялись от 195,5 м до 200,3 м [Государственный..., 2001–2013].

Режимные наблюдения за уровнями подземных вод валдайского комплекса проводились по скв. 182, которая находится в центральной части водозабора. В течение 2000–2004 гг. при водоотборе 1,2–2,6 тыс. м³/сут абсолютные отметки уровней подземных вод снижались от 170,7 м до 163,2 м. С 2004 по 2009 гг. при относительно постоянном водоотборе ~1,5 тыс. м³/сут уровни поднялись до абсолютных отметок 175,0 м. В последние годы в связи с резким уменьшением водоотбора и сокращением его практически до нуля произошло повышение уровней до 175,5–176,8 м.

Водозабор «Дражня» расположен на восточной окраине г. Минска. Максимальное снижение уровней подземных вод на водозаборе было отмечено в скв. 1813, оборудованной на водоносный днепровско-сожский водно-ледниковый комплекс, наблюдалось в 2003 г. и составило 14,7 м. В этом году отмечен максимум водоотбора и, следовательно, заметное снижение уровня подземных вод. В дальнейшем при постепенном сокращении водоотбора происходил незначительный подъем уровней, и к 2012 г. снижение уровня подземных вод достигло минимального значения 7,9 м (рис. 1.4). В скв. 181, расположенной в 4,5 км от центральной части водозабора, максимальное снижение 9,5 м наблюдалось в 2004 г, минимальное – 5,9 в 2013 г. В скв. 815 (4 км от центра водозабора) максимальное снижение уровня подземных вод 5,8 м зафиксировано в 2000 г., а минимальное – 0,9 м в 2013 г. Абсолютные отметки уровня поверхности в эксплуатируемом водоносном комплексе изменялись от 186,2 м до 193,4 м.

Выводы:

■ Колебания уровней подземных вод на водозаборах г. Минска находятся в прямой зависимости от изменений величины водоотбора. На колебания уровней подземных вод водоносного днепровско-сожского водно-ледникового комплекса и питающих водоносных горизонтов значительное влияние также оказывает изменение гидрометеорологических условий.

■ Максимальные амплитуды колебаний уровней подземных вод характерны для скважин, расположенных в центральных частях водозаборов с наибольшим отбором воды.

■ Начиная с 2007–2008 гг., на водозаборах г. Минска прослеживается четкая тенденция к повышению уровней подземных вод, что обусловлено уменьшением величины водоотбора за этот срок эксплуатации.

■ Фактическое снижение уровней подземных вод не превышает расчетных величин допустимых понижений принятых при оценке эксплуатационных запасов подземных вод и значительно меньше их.

Таким образом, слежение за динамикой подземных вод, нарушенных эксплуатацией, является актуальной проблемой современных гидрогеологических исследований. Необходимость дальнейших режимных наблюдений продиктована, в первую очередь, неуклонно растущими потребностями г. Минска в водоснабжении. Для повышения качества определения гидродинамических параметров подземных вод нужно проведение расширения и оптимизации существующей режимной сети.

1. Березко, О.А. Формирование уровня режима подземных вод Минской агломерации под воздействием водоотбора: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.07 / О.А. Березко; Белорус. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-т. – Минск, 2011. – 196 с.

2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (ежегодные издания за 2001–2013 годы). – Минск, Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь. 2001–2013.

УДК 911.5 (476)

Т. А. Жидкова

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ИНДИКАЦИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И УРОВНЕЙ ЗАЛЕГАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ГРОДНЕНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ И СРЕДНЕНЕМАНСКОЙ НИЗИНЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

На современном уровне развития науки важное значение приобретает индикационное направление в изучении природных ресурсов на основе использования материалов дистанционного зондирования. Сущность его заключается в использовании физиономичных природных компонентов: рельефа, растительности, элементов гидрографии или всей их совокупности, отчетливо различаемых на космических снимках (КС), в качестве индикаторов литологического состава четвертичных отложений, уровней залегания грунтовых вод и генетических типов почв. Таким образом, КС рассматриваются как многоярусные модели ландшафтной структуры территории, пригодные для ее детального геологического изучения и картографирования.

Модельным участком для выявления дефицитных компонентов природных комплексов, выступала территория Гродненской возвышенности и Средненеманской низины, в пределах которой проходит граница максимального распространения поозерского оледенения, разделяющая области Белорусского Поозерья и Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд.

Для выявления ландшафтных индикаторов использовалась система природных территориальных комплексов (ПТК), для изучения морфологической структуры которых решался широкий круг следующих задач:

- оптимальный выбор используемой системы иерархически соподчиненных ландшафтных единиц;
- выделение морфологических единиц в ранге экотярусов урочищ;
- исследование индикационных свойств физиономичных компонентов ПТК относительно генезиса четвертичных отложений, их литологических особенностей, условий обводненности.

На основании использования классификационных схем [1, 2, 3] при выборе системы таксономических единиц для индикационной характеристики ПТК Гродненской возвышенности и Средненеманской низины учитывались следующие факторы: изученность исследуемой территории, масштаб проводимых работ, особенности отражения выделяемых ПТК на материалах дистанционных съемок и связанные с ними пределы максимальной информативности комплексов-индикаторов. Характеристика ярусного размещения ПТК, а также их пространственного распределения давалась путем учета своеобразия морфологии рельефа, характера расчленения территории, особенностей размещения почв и растительности.

Используя эти данные, в пределах Гродненской возвышенности и Средненеманской низины были выделены группы и роды ландшафтов. К возвышенной группе относятся холмисто-моренно-

эрозионные, холмисто-моренно-озерные, камово-моренно-эрозионные и камово-моренно-озерные роды ландшафтов. Группа средневысотных ландшафтов представлена водно-ледниковым с озерами родом ландшафта. В состав группы низменных ландшафтов входят озерно-ледниковые, аллювиально-террасированные, пойменные роды ландшафтов и нерасчлененные комплексы с преобладанием болот.

В качестве основной единицы для непосредственного изучения ландшафтно-индикационных взаимосвязей ПТК был выбран эктоярус урочищ. Под «эктоярусом урочища» нами понимается ПТК, связанный с элементами мезоформ рельефа, характеризующийся одинаковым литологическим составом отложений, одним генетическим типом почв, определенным интервалом уровней грунтовых вод, которым соответствуют группы фитоценозов, сходные по условиям обитания, физиономичным характеристикам и четко отражаемые на КС. Данное обстоятельство определяет исключительное значение эктояруса при индикационном изучении территории как системы, включающей в себя все группы индикаторов: геоботанические, геоморфологические, комплексные. Выделение эктоярусов происходило на основе сформированной базы геоданных, в которую была включена пространственная информация об основных компонентах ПТК: картографические данные масштаба 1: 100 000, отражающие состояние природной среды на 2004-2008 гг.

Важным источником информации при выделении эктоярусов урочищ стали архивы КС, получаемые через специальный web-сервис Национальной геологической службы США (United States Geological Survey, USGS) – USGS Global Visualization viewer. Нами использованы мультиспектральные KC Landsat 7 ETM+ поздневесеннего сезона съемки с пространственным разрешением 30 метров.

Наиболее информативной комбинацией каналов была выбрана комбинация 4-5-3 – ближний, средний инфракрасные каналы и красный видимый канал со спектральными диапазонами – 0,79-0,90 мкм, 1,55-1,75 мкм и 0,63-0,69 мкм соответственно. Детализация данной комбинации (4-5-3) 8-м каналом (пространственное разрешение которого составляет 15 м), позволила существенно повысить точность результатов дешифрирования. Установлено, что при данном варианте синтеза наиболее четко прослеживаются различия и закономерности распределения ПТК, четко определяются границы растительных формаций, являющихся основными индикаторами литологического состава четвертичных отложений и уровней залегания грунтовых вод.

Для комплексного изучения ландшафтной структуры районов проводилось автоматизированное дешифрирование КС, выполняемое двумя приемами – с помощью проведения неконтролируемой классификации (без обучения) и контролируемой классификации (с обучением) с использованием эталонных выборок или спектральных образов объектов [4].

Выполнение классификации без обучения заключалось в автоматизированном распознавании объектов на КС, что на порядок ускоряет процесс дешифрирования снимков и позволяет разнообразить работу с полученными данными, заключающуюся в анализе и группировке классифицированных объектов.

Получение производных изображений по спутниковым данным путем проведения по специальным алгоритмам в избранных зонах спектра классификации с обучением, позволяет в интерактивном режиме задавать каждому выделяемому эктоярусу ландшафтных урочищ определенные компактные кластеры-эталон (совокупность однородных фотометрических точек), соответствующие ключевым участкам на местности. Используемые при этом эталонные космические изображения выбираются на основании ранее проведенных наземных исследований и анализа тематических материалов.

По результатам проведения классификаций были сформированы растровые изображения, которые для дальнейшей интерпретации (определения классов и присвоения им соответствующих наименований) экспортировались в ГИС. Векторизация данных проводилась способом цифрования с экрана, что позволило в интерактивном режиме создавать векторные слои природных комплексов и корректировать их в зависимости от результатов классификации. Кроме того, посредством подключения к векторным слоям ПТК баз данных средствами ГИС были созданы информационные слои представляющие ландшафтные структуры и морфологические единицы в ранге эктоярусов урочищ Гродненской возвышенности и Средненеманской низины с указанием их наименования, площадей, периметров выделенных контуров, а также их удельным весом в системе ПТК района.

В пределах исследуемых физико-географических единиц были выделены 50 эктоярусов урочищ, которые, в свою очередь, были разделены на группы эктоярусов с естественной растительностью и группы эктоярусов агроландшафтов. Заключительным этапом дешифрирования КС для обеспечения мероприятий по выявлению индикационных характеристик ПТК стало составление таблицы космифотоэталонов, отражающей ландшафтные индикаторы и индицируемые условия Гродненской возвышенности и Средненеманской низины. Физиономичные компоненты ландшафта были положены в основу наименования эктоярусов урочищ. Обязательной частью таблицы стало описание индикаторов. Отдельно указывались признаки дешифрирования, характер границ выделенных ПТК.

После проведения всего комплекса дешифровочных и проверочных работ составлена космоландшафтная карта исследуемой территории масштаба 1:100 000. Наиболее рациональной для построения легенды карты была выбрана табличная форма, где по вертикали таблицы указывались выявленные индикаторы – эктоярусы урочищ и индикаты, а по горизонтали раскрывалось их

содержание. Преимущество такого варианта легенды состоит в обозримости, удобстве для сравнения геосистем по любому признаку.

Искомые индикаты – литологический состав четвертичных отложений, уровни залегания грунтовых вод характеризовались следующим образом. Состав отложений давался в надлежущей градации: песок, супесь, суглинок, глины, торф. Для песчано-супесчаных отложений указывалась преобладающая гранулометрическая фракция, состав подстилающих пород.

Индикация уровней залегания грунтовых вод определялась в градации 0-0,5; 0,5-1; 1-3; 3-5; 5-10 и более 10 м. Выделение более точных значений в интервале от 1 до 10 м по данным Ю.М. Обуховского [2] нецелесообразно по двум причинам: во-первых, не все индикаторы обладают достаточно узкой по отношению к увлажнению экологической амплитудой, во-вторых, пределы выделяемых ступеней должны включать величины сезонных колебаний уровней грунтовых вод.

Таким образом, опыт применения метода дистанционной ландшафтной индикации при изучении скрытых от непосредственного наблюдения компонентов ПТК свидетельствует об его высокой эффективности. Это делает целесообразным дальнейшее его использование в изучении природных ресурсов, комплексном и тематическом картографировании, мониторинге и охране окружающей среды, при инженерно-геологических и мелиоративных изысканиях, районных планировках и других видах научных и прикладных работ.

1. Марцинкевич, Г.И. Ландшафты Белоруссии / Г.И. Марцинкевич [и др.]; под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой. – Минск: Университетское, 1989. – 239 с.

2. Обуховский, Ю.М. Ландшафтная индикация четвертичных отложений и почв Припятского Полесья / Ю.М. Обуховский. – Минск, 1990. – 192 с.

3. Обуховский, Ю.М. Дистанционная индикация лесо-болотных ландшафтов Беларуси: Дис...докт. географ. наук / Ю.М. Обуховский; Ин-т проблем использования природных ресурсов и экологии Академии наук Беларуси. – Минск, 1997. – 291 с.

4. Черепанов, А.С. Новые возможности компьютерной обработки космических снимков при создании ландшафтных карт лесостепи Западной Сибири / А.С. Черепанов // Вестн. Моск. ун-та. – Сер.5, География. – № 3. – 2007. – С. 66-72.

УДК 552.5:551.444 (476-12)

В. Г. Жогло¹, Н. И. Будник¹, А. А. Махнач², Я. Г. Грибик³

¹Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти,

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

³Институт природопользования НАН Беларуси

О ВЛИЯНИИ ГАЛИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ I и IV БЛОКОВ БЕРЕЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

Березинское месторождение нефти приурочено к одноименной структуре Припятского прогиба, которая по межсоловым отложениям представляет собой сложно построенную брахиантиклинальную структуру северо-западного простирания, состоящую из трех блоков (I, II, III), опущенных с севера на юг относительно друг друга. В 1975 году скважиной 3, расположенной в пределах II блока, установлена промышленная нефтеносность елецких отложений. В 1979 году скважиной 17 доказана промышленная нефтеносность I (самого северного) блока. По поверхности елецкого резервуара I блок представляет собой моноклинал северо-восточного вздымания с абсолютными отметками от -1600 до -1400 м. С севера блок ограничен региональным краевым разломом, с юга – промежуточным разрывным нарушением, с запада и востока – опережающими согласными разломами. Размеры блока 2,0×0,6 км [Полезные..., 2002]. В 2009 году по результатам трехмерных сейсморазведочных работ на площади I блока выделен субрегиональный сброс, делящий блок на две примерно равные части. За южной частью сохранено наименование «I блок», а северной части присвоено название «IV блок». Разработка залежи I блока ведется скважиной 17, а блока IV – скважинами 21 и 42.

Продуктивная часть разреза I и IV блоков представлена преимущественно пористо-кавернозными доломитами. Каверны частично заполнены галитом. Общая мощность нефтенасыщенных пород-коллекторов в скважине 17 составляет 20,6 м, их средняя пористость по промыслово-геофизическим данным равна 8 %, а нефтенасыщенность – 83 %. В разрезе скважины 21 выделено 9,8 м нефтенасыщенных пород-коллекторов. Пористость их в среднем равна 5,9 %, нефтенасыщенность – 80 %. Межсоловые залежи I и IV блоков относятся к массивно-пластовым, тектонически экранированным.

Особенности засоления межсоловых отложений Березинской площади по керну скважин изучены В.Л. Тюменцевым и А.И. Коротаевым [Тюменцев, 1980]. Ими установлена более высокая степень засоления межсоловых отложений северной части Березинской площади (скважины 3, 9, 10, 11, 13, 16 и 17) по сравнению с ее южной частью (скважины 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15). В скважинах 17, 9 и 10, расположенных вблизи тектонических нарушений, галит выполняет почти все пустоты независимо

от их конфигурации и размера. В скважинах 11, 6, 3, более удаленных от нарушения, галит выполняет преимущественно крупные каверны и трещины.

Все продуктивные скважины, вскрывшие межсолевые отложения I и IV блоков, относятся к малodeбитным, имелись проблемы их освоения. Наиболее показательна в этом отношении «судьба» скважины 17.

Скважина 17 вскрыла межсолевые отложения в интервале глубин 1618–2092 м. Разрез представлен преимущественно трещиноватыми и кавернозными доломитами с многочисленными признаками нефти. Размеры каверн достигают 1–5 см и более, частично или полностью они залечены каменной солью. Характерно наличие тесной связи нефтепроявлений с кавернозностью. При опробовании межсолевых отложений испытателем пластов в процессе бурения притока жидкости не получено, гидродинамическую связь с пластом установить не удалось. Для растворения галита, содержащегося в кавернах, в течение трех часов было закачено 140 м³ пресной воды. При разрядке скважины получен приток рассола плотностью 1,11 кг/дм³ и 14 м³ нефти.

В апреле 1981 г. скважина 17 введена в разработку с дебитом по нефти 4,5 м³/сутки. К концу 1986 г. дебит и пластовое давление снизились соответственно до 0,2 м³/сутки и 10,0 МПа, поэтому скважину 17 перевели на периодический режим работы с отбором нефти 1–5 м³/мес. С июля 1997 г. при текущем пластовом давлении 17,9 МПа скважина переведена на механизированную добычу с дебитом 3,5 м³/сутки безводной нефти. Увеличение объемов отбираемой нефти сопровождалось снижением пластового давления и появлением воды в добываемой продукции. В связи с нерентабельностью эксплуатации в период с сентября 2003 г. по ноябрь 2005 г. скважина 17 была законсервирована. С декабря 2010 г. скважина 17 эксплуатируется в периодическом режиме с дебитом нефти 0,25–1,5 м³/сутки и обводненностью продукции до 20–30 %. Суммарный объем добытой нефти на конец 2015 г. составил 8985 м³.

Является очевидным, что низкий дебит скважины 17 и его последующее уменьшение обусловлены, в первую очередь, высокой степенью засоления продуктивных отложений, а также выпадением галита из высококонцентрированных пластовых рассолов на забое скважины и насосном оборудовании.

Имеющиеся геолого-геофизические и промысловые материалы, а также накопленный опыт освоения и эксплуатации скважины 17 позволяют утверждать, что для существенного улучшения показателей работы этой добывающей скважины, а также скважин I и IV блоков Березинского месторождения в целом, с успехом может быть использована предложенная нами технология разработки залежей нефти в засоленных низкопроницаемых коллекторах [Жогло, 2014]. Суть технологии заключается в том, что скважина, вскрывшая засоленный низкопроницаемый пласт, переводится на циклический режим работы, каждый цикл которой включает этапы закачки в пласт пресной воды, закрытия (остановки) скважины на время растворения галита, содержащегося в пласте, и последующего отбора жидкости из пласта через эту же скважину. Перспективность предлагаемого подхода подтверждается результатами освоения самой скважины 17, а также результатами моделирования истории разработки залежей нефти I и IV блоков на численной гидродинамической модели, созданной нами на базе цифровой геологической модели и программного обеспечения «Eclipse-100».

На гидродинамической модели воспроизведена работа добывающих скважин 17, 21 и 42 за весь период разработки. Калибровка модели выполнялась путем изменения объема водоносной области и коэффициента проницаемости продуктивных отложений в зоне дренирования каждой из скважин, а также периодического увеличения сопротивления призабойных зон скважин, вызванного выпадением галита из пластовых рассолов. Достоверность модели подтверждается хорошей сходимостью фактических и модельных показателей разработки этих трех скважин.

На калиброванной гидродинамической модели выполнено моделирование различных сценариев эксплуатации скважины 17 в течение 15 лет (01.01.2015–01.01.2030).

Вариант 1. В базовом варианте добывающая скважина 17 моделируется в течение всего расчетного времени как внутренняя граница I рода с постоянным забойным давлением, равным 12,0 МПа. Скважины 21 и 42 во всех вариантах работают как внутренние границы II рода с дебитами по жидкости, достигнутыми на конец 2014 г.

При принятых параметрах, неизменных в течение всего прогнозного периода, скважина 17 продолжает работать практически с постоянным дебитом, равным 0,57 м³/сут. Накопленный объем добытой нефти за 15 лет составляет 3250 м³. Промысловые показатели скважин 21 и 42 также сохраняются.

Вариант 2. Для повышения продуктивности скважины 17, согласно технологии [Жогло, 2002], в нее производится закачка пресной воды в течение двух месяцев (01.07.2015–31.08.2015) с постоянным забойным давлением 24,0 МПа. При этом предполагается, что в процессе закачки воды произойдет увеличение проницаемости призабойной части пласта. Исследования процесса рассоления породы в лабораторных условиях показывают, что при растворении галита происходит увеличение проницаемости образцов в сотни раз [Гринченко, 2013]. По результатам моделирования за время закачки скважина 17 поглощает 800 м³ пресной воды, а в интервале нагнетания происходит обводнение низкопористых разностей пород. Этап отбора жидкости из пласта рассчитан на модели при постоянном

забойном давлении 12 МПа в период 01.09.2015–01.01.2030. По результатам моделирования дебит скважины по воде быстро снижается с 3,9 м³/сут в сентябре до 0,9 м³/сут в декабре 2016 года. Соответственно дебит скважины по нефти растет с 7,3 м³/сут в сентябре до 8,8 м³/сут в декабре 2016 года и далее до 11,3 м³/сут в конце 2017 г. А накопленная добыча за пятнадцатилетний период, по сравнению с базовым вариантом, возрастает почти в 16 раз.

Вариант 3. Оценены прогнозные промысловые показатели скважины 17 при дальнейшем увеличении проницаемости продуктивных отложений за счет растворения катагенетического галита пресной водой. Для этого выполнено моделирование закачки пресной воды в пласт в течение трех месяцев (01.01.2016–31.03.2016) при условиях, принятых в предыдущих вариантах. За три месяца залежь нефти принимает 2200 м³ воды, поэтому объем обводненной части пласта значительно увеличивается. В соответствии с масштабами обводнения произведено пропорциональное изменение величины коэффициента проницаемости обводнившихся пород разреза.

Моделирование отбора жидкости из пласта выполнено с 01.04.2016 года по 01.01.2030 г. без изменения принятых ранее граничных условий. В результате происходит дальнейшее увеличение дебита скважины по нефти (до 18,7 м³/сут в конце 2017 г. с последующим снижением до 13,7 м³/сут в январе 2030 г.), а накопленная добыча нефти на январь 2030 г. составляет 90377 м³.

Таким образом, результаты моделирования показывают, что увеличение проницаемости продуктивных отложений в зоне обводнения и размеров этой зоны в плане сопровождается значительным ростом дебита скважины 17 по нефти и суммарного объема добытой нефти. Технологический и экономический эффекты достигаются за счет быстрого восстановления энергии пласта и увеличения его проницаемости, вызванного растворением катагенетического галита и выносом продуктов его растворения с продукцией скважины. Выполнение опытно-промысловых работ на скважине 17 по предлагаемой технологии и получение положительных результатов следует рассматривать как подтверждение целесообразности проведения аналогичных работ в скважинах 21 и 42, которые находятся в сходных структурно-геологических и гидродинамических условиях, а также имеют аналогичные со скважиной 17 показатели разработки.

1. Гринченко В.А. Лабораторные исследования процесса рассоления при заводнении засоленных коллекторов Верхнечонского месторождения / В.А. Гринченко, И.А. Виноградов А.А. Загоровский // Нефтяное Хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 100–103.
2. Жогло В.Г. Геологическое обоснование технологии разработки залежей нефти в засоленных низкопроницаемых пластах // Нефтяное хозяйство. - 2014. – № 7. С. 94–98.
3. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол. П.З. Хомич и др. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528с.
4. Тюменцев В.Л., Коротаев А.И. Особенности засоления межсоловых отложений Березинской площади // Докл. АН БССР. – 1980, Т. XXIV, № 9. – С. 480–483.

УДК 550.87.084;550.832.6 (476)

В. П. Ильин, М. А. Бабец, В. И. Зуй

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии» (Государственное предприятие «НПЦ по геологии») Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск, Беларусь.

ВЫСОКОТОЧНАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Термометрия с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, и, реже, $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ входит в комплекс стандартных геофизических исследований в буровых скважинах. Исследования в них с точностью измерений до сотых долей градуса проводятся в Беларуси с научными целями аналоговой аппаратурой уникального исполнения. В частности высокоточная термометрия, с погрешностью до $0,05^{\circ}\text{C}$ и выше, используется для диагностики технического состояния скважин. В настоящее время также актуален вопрос мониторинга подземных хранилищ газа (ПХГ), являющихся важным звеном газотранспортной инфраструктуры и системы энергообеспечения республики. Использование для этой цели многоканального каротажного оборудования «нефтяного класса», т.е. предназначенного для глубин до 3000м. и более, по экономическим показателям, габаритам и весовым параметрам часто не является приемлемым. В этой связи отделом геотехнологий Государственного предприятия НПЦ по геологии совместно с лабораторией физики полупроводников ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» разработан цифровой переносный скважинный термометрический каротажный комплекс который, с использованием проводного цифрового канала связи, обеспечивает измерение температуры в скважинах до глубины 1300м с точностью $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$. До такой глубины обычно выполняют заложение отечественных ПХГ, этот интервал перекрывает и весь диапазон глубин сооружения скважинных водозаборов. Натурные испытания миникомплекса, проведенные в мае 2013г. в наблюдательных

скважинах водозаборов г. Минска до глубин 200м, показали его работоспособность, а данные термометрии позволили оценить профили притока воды к близко расположенным (первые десятки метров) действующим эксплуатационным скважинам и тем самым диагностировать состояние их водопримной части (фильтров).

На рис.1 приведены термограммы выполненные в наблюдательной скважине № 138 водозабора «Зеленый Бор» расположенной в 12 метрах от эксплуатируемой скважины № 21. При отсутствии водоупора над эксплуатируемым водоносным горизонтом в данном геологическом разрезе на конец весны имеет место положительная температурная аномалия с максимумом на глубине порядка 20м. Аномалия вызвана поступлением паводковых вод с поверхности земли и их «подсосом» к «голове» фильтровой части эксплуатируемой скважины, в интервале 38–40м. При этом нижняя часть фильтра задействована в меньшей степени. Также имеет место увеличение, на десятые доли градуса, (сезонной?) температуры до глубины 120 м. и расхождение, с глубиной, замеров аналогового и цифрового приборов от 0,14 до 0,25°C. Если считать температуру на этих глубинах геостационарной, то можно предположить влияние длины канала связи на точность интерпретации, по существующим методикам, показаний (замеров) аналогового прибора, что подтверждает целесообразность перехода на «цифровой формат».

На рис.2 приведена термограмма, выполненная также в мае 2013г., но на водозаборе «Петровщина», имеющем в геологическом разрезе хороший водоупор в кровле каптируемого горизонта. На термограмме четкой отрицательной аномалией выделяется проницаемый интервал песков в подошве водоупора, над фильтровой частью ближайшей к исследуемой, эксплуатируемой скважины и вся «равномерно работающая» водопримная часть фильтра в интервале 60 -70м. Четким изменением температуры также характеризуется заход измерительного модуля термометра (зонда) в «голову» фильтровой колонны (хвостовика, установленного в плотные переслаивающиеся доломиты и мергели) на глубине 200м и более.

Каротажный миникомплекс испытан в заводских и скважинных условиях, в том числе и на основном объекте мониторинга–ПХГ и, на настоящее время, может быть задействован для решения анонсированных в заглавии статьи практических задач.

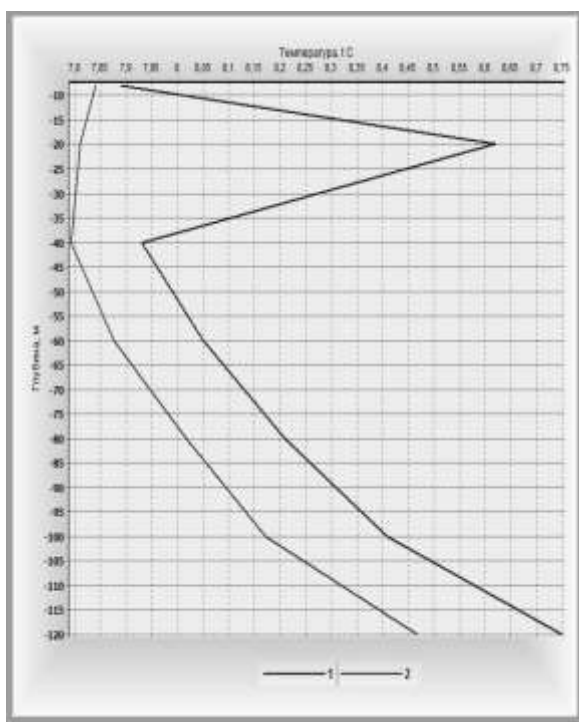


Рис.1 Динамика изменения температуры воды в наблюдательной скважине № 138 Минского водозабора «Зеленый Бор» с глубиной (1 – по показаниям испытываемого цифрового термометра в мае 2013г., 2 – по показаниям аналогового прибора, в декабре 2010г).



Рис.2 Динамика изменения температуры воды в наблюдательной скважине № 187 Минского водозабора «Петровщина» с глубиной, в мае 2013г.

1. Ильин В.П. (научный руководитель и ответственный исполнитель),Бабец М.А. и др. «Разработка и внедрение переносного скважинного термометра для геотермических исследований повышенной точности», (Заключительный отчет о НИР по теме 1002/2011 в двух книгах. Номер госрегистрации – 20122314. Книга 1 – текст, 187с. Книга 2- конструкторская и программная документация, литера О₁ -154с., Минск,Государственное предприятие «НПЦ по геологии»,2013.
2. Ильин В.П. Использование высокоточной термометрии для решения геотехнологических задач. Материалы 12-й Международной научно- технической конференции. В 4-х томах. Том 3. Минск. БНТУ. 2014г. 502с.

В. П. Ильин, М. А. Бабец, В. И. Зуй

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

ВЫСОКОТОЧНАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В СКВАЖИНАХ

Термометрия с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, и реже $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ выполняется стандартными геофизическими термометрами в скважинах. Измерения с погрешностью до сотых долей градуса проводятся с научными целями аналоговой аппаратурой собственного исполнения. В частности измерения с погрешностью до $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ и чувствительностью до $0,01\text{--}0,005^{\circ}\text{C}$ выполняются терморезисторными термометрами. Одним из их недостатков является то, что полупроводниковый терморезистор (термодатчик) требует периодической повторной градуировки вследствие старения. При этом на результаты измерения влияет сопротивление жил каротажного кабеля и еще в большей степени – сопротивление изоляции между его жилами, которое в полевых условиях сложно учесть. Цифровые термометры обычно свободны от этих недостатков.

Каротажное оборудование «нефтяного класса», для глубин 3000 м и более часто является неприемлемым для работы в относительно мелких скважинах. Однако точная термометрия в них на практике востребована.

Отделом геотехнологий Государственного предприятия «НПЦ по геологии» совместно с лабораторией физики полупроводников ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» разработан цифровой переносный скважинный термометр, использующий проводной канал связи, что обеспечивает измерение температуры в скважинах до глубины 1300 м с точностью $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$, рис. 1. До такой глубины обычно выполняют заложение отечественных ПХГ. Этот интервал перекрывает весь диапазон глубин скважин и на водозаборах пресных и минеральных вод.

Натурные испытания созданного прибора выполнены в мае 2013 г. в скважинах водозаборов г. Минска до глубин 200 м, показавшие его надежность.

На рис. 2 приведены термограммы, зарегистрированные аналоговым и цифровым термометрами в наблюдательной скважине № 138 водозабора «Зеленый Бор», где в 12–15 м от нее расположена эксплуатационная скважины № 21. Здесь в геологическом разрезе отсутствует водоупор над эксплуатируемым водоносным горизонтом. Напротив интервала расположения фильтра 38–40 м в скважине 21 на термограмме 2013 г., зарегистрированной в наблюдательной скважине 138, нарушено монотонное изменение температуры с глубиной, как из-за отбора подземных вод, так и их «подсоса» из грунтового водоносного горизонта.

На рис. 3 приведена термограмма, зарегистрированная также в мае 2013 г., на водозаборе «Петровщина», где в геологическом разрезе имеется водоупор в кровле каптируемого горизонта. В интервале залегания песков (58–69 м), из которого отбирают воду скважиной № 10 (отстоящей на расстоянии около 25–30 м от наблюдательной скв. 138), отчетливо прослеживаются значения минимальных температур (с безградиентной зоной), тогда как термограмма 1998 г., зарегистрированная до начала откачек воды, такой аномалии не содержит.

Ниже наблюдается увеличение температуры с глубиной. Расхождение же значений температуры по обеим термограммам, зарегистрированных аналоговым и цифровым термометрами, не выходит за пределы погрешности ее измерения ($\pm 0,04^{\circ}\text{C}$).

Приведенные примеры показывают, что данные измерений в скважинах водозаборов позволили уверенно выделять на термограммах интервалы глубины, где выполняется отбор воды.

Цифровой скважинный термометр испытан в лабораторных и в полевых условиях, в том числе до глубины 1020 м также на одной из скважин Прибугского подземного хранилища газа, Беларусь и может использоваться для решения других практических задач.



Рис. 1. Опытный цифровой переносной термометр [Ильин, 2014]

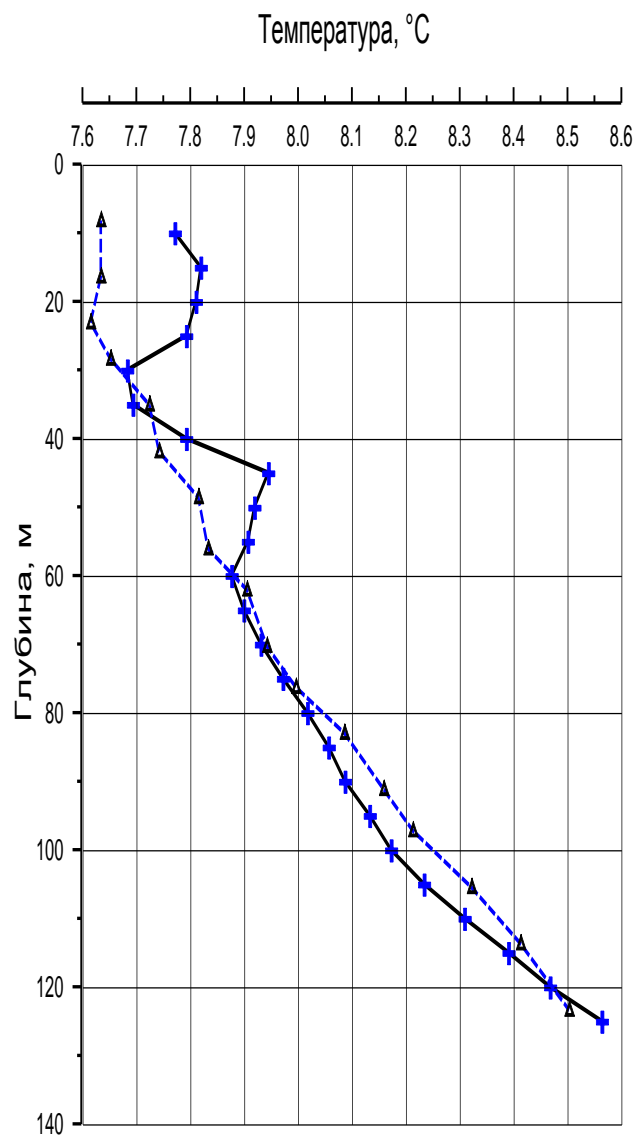
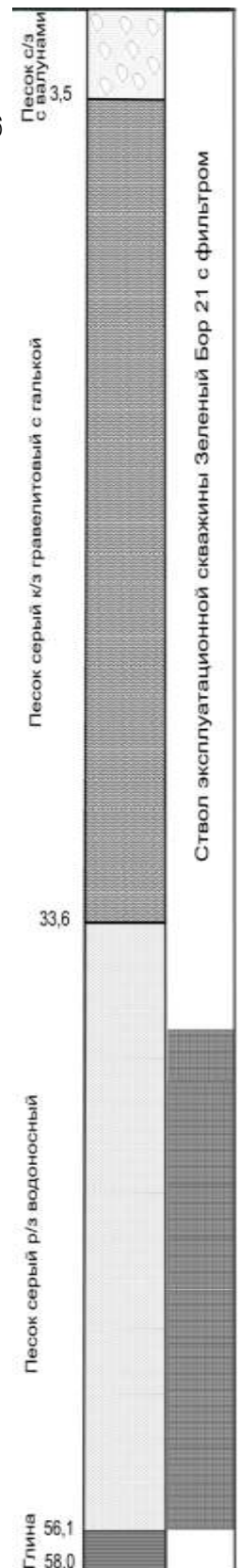


Рис. 2. Термограммы наблюдательной скважины 138 (справа) и геологическая колонка эксплуатационной скважины 21 (слева) водозабора «Зеленый Бор». Точки измерений обозначены: треугольниками (термограмма 1998 г. терморезистор) и крестиками (термограмма май 2013 г. цифровой) термометры.



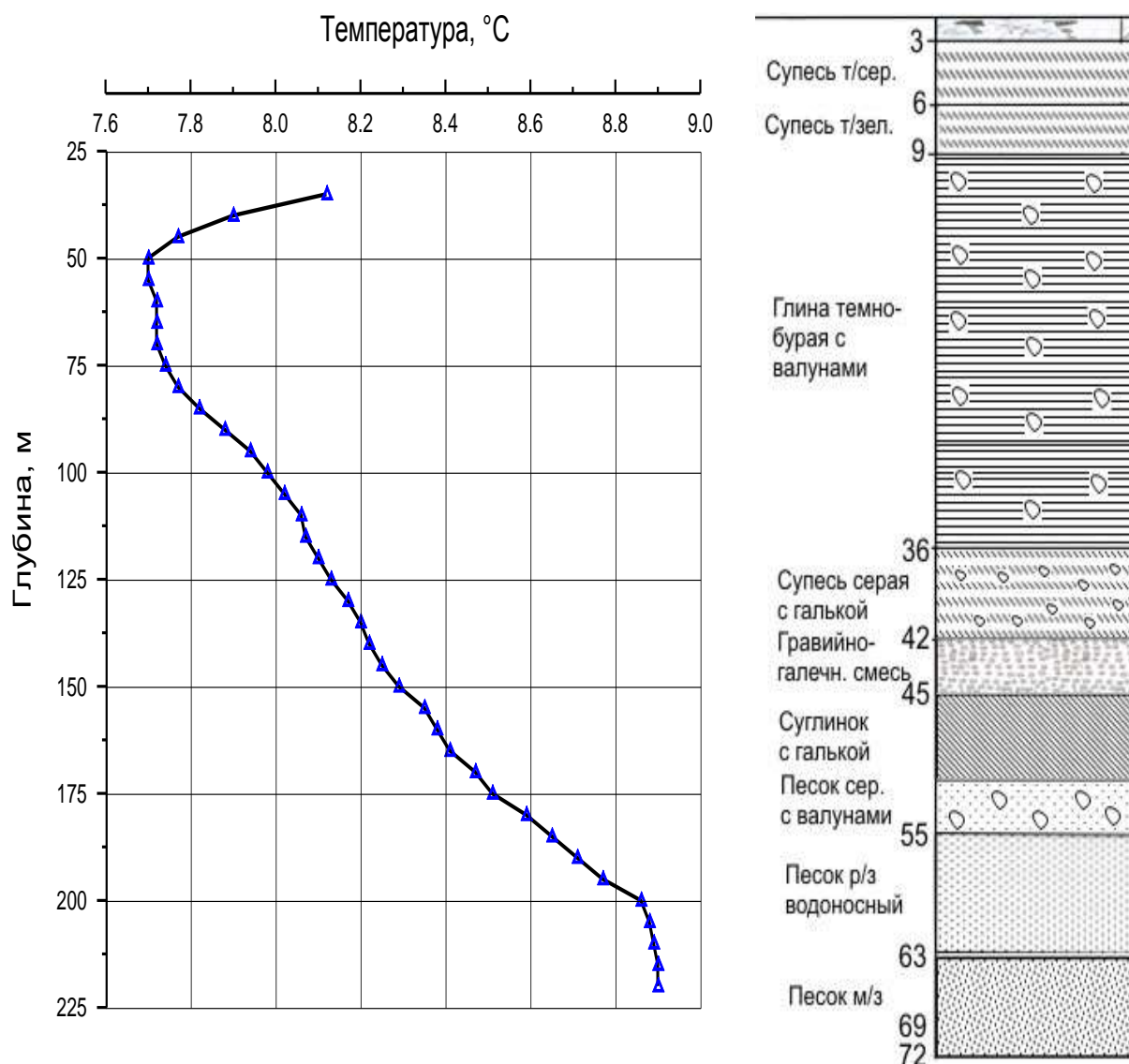


Рис. 3. Термограмма скважины 187 (май 2013 г.) и геологическая колонка эксплуатационной скважины 10^в водозабора «Петровщина», г. Минск.

Ильин В.П. Использование высокоточной термометрии для решения геотехнологических задач / Материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Том 3. Минск. БНТУ. 2014г. 502 с.

УДК 551.49+330.131.7 (476)

А. К. Карабанов¹, П. С. Лопух², Ю. А. Гледко²

¹ГНУ «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Природные условия Республики Беларусь благоприятствуют накоплению и возобновлению значительных ресурсов подземных вод. Этому способствуют повсеместное распространение мощной толщи осадочных водопроницаемых отложений, влажный климат, благоприятные условия инфильтрации атмосферных осадков, тесная гидравлическая взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Подземные воды относятся к категории полезных ископаемых, отличительной особенностью которых от других видов, является их возобновляемость, динамичность ресурсов, тесная зависимость их количества и качества от изменчивых природно-климатических и антропогенных факторов.

Ресурсы пресных подземных вод на территории республики распространены повсеместно и связаны с разновозрастными геологическими формациями. Имеется 13 водоносных горизонтов, которые используются или могут использоваться для централизованного водоснабжения. Мощность водоносных слоев пресных вод в разных районах Беларуси в целом варьирует от 50-150 до 400-450 м и более при средней до 250-300 м.

В Республике Беларусь централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков и промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами, приуроченными к водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений зоны активного водообмена и осуществляется посредством эксплуатации, как групповых водозаборов, так и одиночных скважин.

Государственный баланс запасов пресных подземных вод Республики Беларусь составлен на основании статей 11 и 79 Кодекса Республики Беларусь о недрах, в соответствии с «Положением о порядке составления и утверждения государственных балансов запасов полезных ископаемых и геотермальных ресурсов недр», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 марта 2009 г. № 292.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по республике оцениваются в 49 596 тыс. м³/сут. В настоящее время разведано только 13% прогнозных ресурсов. Потенциальные возможности использования подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют 43 560 тыс. м³/сут (табл. 1).

Государственным водным кадастром по состоянию на 1 января 2012 г. учтены эксплуатационные запасы пресных подземных вод в количестве 7093,2642 тыс. м³/сут, в том числе 435,5 тыс. м³/сут. апробированные эксплуатационные запасы категории С₂. Эксплуатационные запасы пресных подземных вод питьевого и хозяйственного назначения разведаны на 297 участках месторождений пресных подземных вод.

Расчет естественных ресурсов подземных вод был проведен в 1975-1976 гг., а прогнозные эксплуатационные запасы – в 1972-1982 гг. Эксплуатационные запасы рассчитывались на период 10 000 сут (27,4 года) и утверждались Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых СССР, Территориальной Комиссией и Республиканской комиссией по запасам Минприроды РБ.

Таблица 1 Ресурсы подземных вод в границах административных областей

Области	Ресурсы пресных подземных вод, тыс. м ³ /сут	
	естественные	прогнозные эксплуатационные
Брестская	4 339	5 603
Витебская	9 198	9 550
Гомельская	5 284	8 477
Гродненская	7 158	7 688
Минска	11 327	11 945
Могилевская	6 254	6 333
По Беларуси	43 560	49 596

Однако освоение этих запасов происходит недостаточно активно, действует 160 водозаборов (59 % от числа разведанных), не эксплуатируется 113 месторождений (41 %). Общее представление об использовании эксплуатационных запасов пресных подземных вод можно составить по данным, приведенным в табл. 2. Большая часть из данных месторождений уже требует переоценки или не может быть освоена вообще в связи с изменившейся экономической и экологической ситуацией (удаленность от потребителя, загрязнение подземных вод и др.) и возросшими требованиями к качеству вод.

Таблица 2 Распределение эксплуатационных запасов пресных подземных вод по административным областям Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2012 г. (Государственный водный кадастр, 2012)

Области	Кол-во участков месторождений	Эксплуатационные запасы тыс. м ³ /сут.				
		А	В	С ₁	С ₂	Всего
Брестская	42	408,25	386,546	82,4	10,0	887,196
Витебская	32	440,78	254,2	198,52	-	893,5
Гомельская	69	588,91995	419,49397	141,84828	10	1160,2622
Гродненская	33	319,24	368,16	126,9	-	814,3
Минская	77	1005,46	857,14	222,4	415,5	2500,5
Могилевская	44	523,7306	213,1828	100,5926	-	837,506
Итого	297	3286,38055	2498,72277	872,66088	435,5	7093,2642

За последние 5 лет объем отбора пресных подземных вод в республике снизился на 33,5 %.

Наиболее актуальные проблемы в области использования подземных вод:

- повышение качества жизни населения за счет эффективного использования пресных и минеральных подземных вод;

- повышение объемов реализации бутилированных вод на внутреннем и внешнем рынках;
- минимизации возможного загрязнения подземных вод и выхода из эксплуатации действующих водозаборов.

Освоение запасов подземных вод происходит недостаточно активно, действует 197 водозаборов, что составляет 59 % из числа разведанных. Большая часть месторождений уже требует переоценки или не может быть освоена вообще в связи с экономическими и экологическими условиями (удаленность от потребителя, загрязнение, возросшие требования к качеству). Самая низкая эффективность освоения месторождений в Минской области, самая высокая – в Гродненской.

Следует также отметить, что по категории А+В при разведочных работах бурится до 50 % водозаборных скважин, которые могли бы эксплуатироваться. В этом смысле имеет место омертвление капитальных средств, что в нынешних экономических условиях недопустимо.

Результаты режимных наблюдений за уровнями подземных вод эксплуатируемых водоносных по всем наблюдаемым водозаборах на конец 2009 г. подтверждают, что водозаборы работают в условиях установившегося или близкого к нему режима фильтрации, кроме находящихся в стадии строительства или начального этапа эксплуатации.

Вышеприведенные оценки не содержат достоверной информации о количестве прогнозных естественных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод. Это объясняется тем, что рассчитывались последний раз естественные ресурсы 34 года назад, а прогнозные эксплуатационные запасы – 28-38 лет назад. За это время существенно изменилась техногенная нагрузка на подземные воды и ужесточились требования к расчетам запасов и особенно качеству подземных вод.

Нет достоверной информации о фактическом водоотборе из одиночных эксплуатационных скважин и по водозаборах с неутвержденными эксплуатационными запасами. Данные «Водного кадастра» и сведения по инвентаризации 2002 г. не совпадают между собой. Недостаточная степень оснащения водозаборных сооружений системами учета не позволяет оценить, какая часть прогнозных ресурсов уже отбирается.

По ранее разведанным 273 месторождениям (участков водозаборов) истек или истекает расчетный срок эксплуатации. В 2010 г. эти сроки истекли по 124 водозаборах, т.е. требуется проведение переоценки эксплуатационных запасов по водозаборах. За период 2008-2010 гг. переоценка эксплуатационных запасов подземных вод проведена лишь по 6 объектам.

Прекращены работы по изучению закономерностей формирования эксплуатационных запасов подземных вод.

К настоящему времени нет также достоверной информации о категории разведанных эксплуатационных запасов, так как не проведена их переклассификация в соответствии с новой «Классификацией эксплуатационных запасов...», утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 февраля 2001 г. и новейшей Классификацией, утвержденной Минприроды 4 августа 2009 г.

Стратегия устойчивого развития Беларуси : экологический аспект / Е.А. Антипова и др. – Минск : ФУАинформ, 2014. - 336 с.

УДК 551.781 (476.7)

А. К. Карабанов¹, М. А. Богдасаров², Т. Б. Рылова¹, В. Ф. Моисеенко³

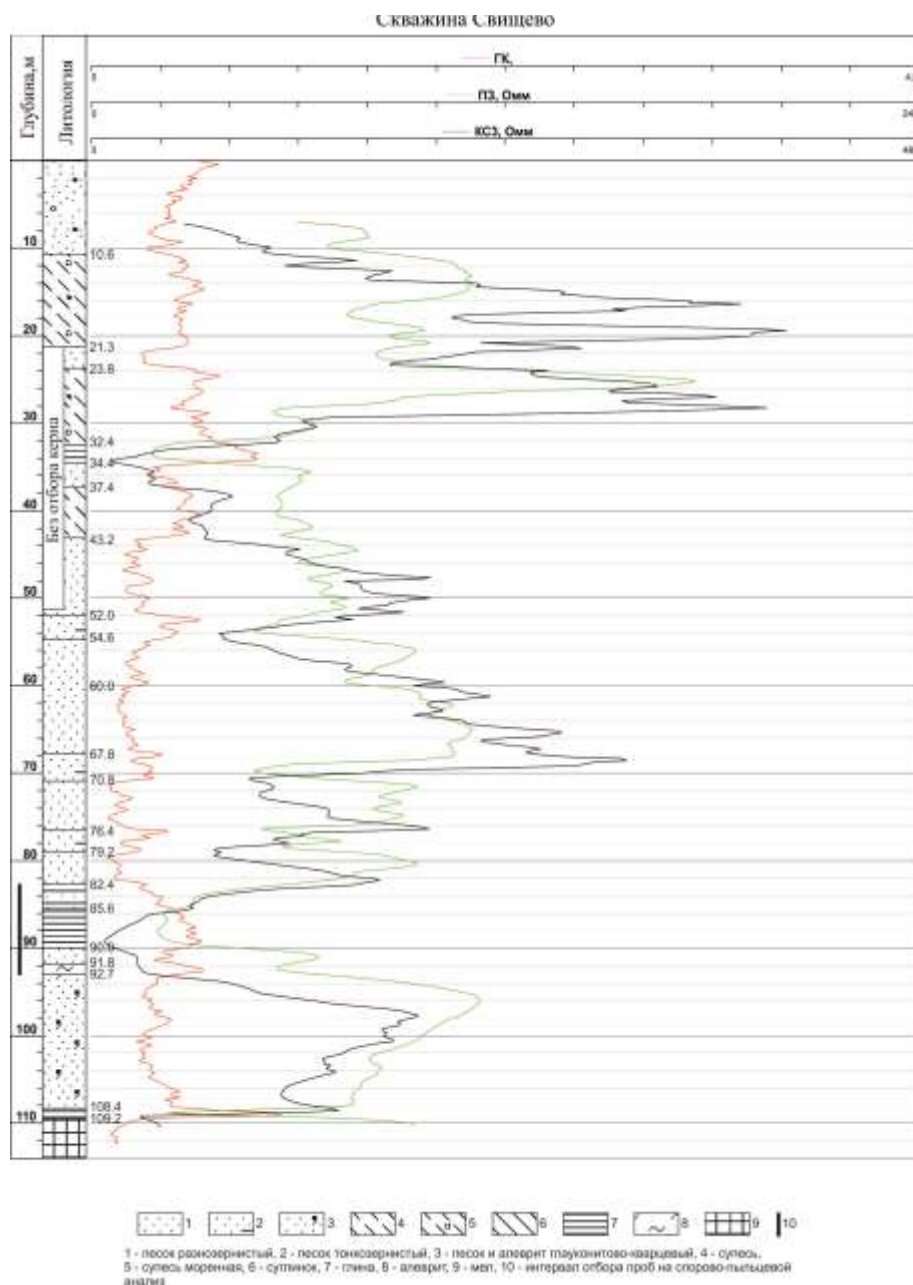
¹*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

²*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь*

³*Филиал «Геофизическая экспедиция» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь*

О ВОЗРАСТЕ ДОЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНОЙ «СВИЩЕВО» В КАМЕНЕЦКОМ РАЙОНЕ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В ходе реализации работ по созданию государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 второго поколения (ГОСГЕОЛКАРТА-200) и геологического и гидрогеологического доизучения масштаба 1 : 200 000 Подляско-Брестской впадины, Луковско-Ратновского горста и западного склона Полесской седловины в 2014 г. пробурена картировочная скважина на северной окраине д. Свищево Каменецкого района Брестской области. Скважина заложена на Высоковской моренно-водно-ледниковой равнине. Глубина скважины 115 м. В верхней части разреза в интервалах 0,0–21,3 м и 23,8–32,4 м выделено два моренных горизонта. Четвертичные отложения заканчиваются на глубине 82,4 м. Согласно геологическому описанию, скважиной вскрыты следующие отложения (рисунок, таблица).



Геологический разрез, вскрытый скважиной «Свищево»

Для определения геологического возраста пород, вскрытых скважиной «Свищево» в интервале 82,4–92,7 м, методом спорово-пыльцевого анализа были изучены 30 образцов. Образцы 1–11 для спорово-пыльцевого анализа были отобраны в интервале 82,4–85,6 м из тонкопереслаивающихся темно-серых глин и песка серого и темно-серого мелко- и тонкозернистого, преимущественно кварцевого. Образцы 12–30 – в интервале 85,6–92,7 м из глины темно-серой, с тонкими прослоями алевроита, песка темно-серого, мелко-среднезернистого, преимущественно кварцевого, и глины темно-серой до черной.

Пыльца и споры в изученных образцах содержались в незначительном количестве, иногда встречались лишь единично или отсутствовали, а потому вычисление процентного содержания отдельных таксонов не проводилось. Несмотря на то, что пыльца и споры в изученных отложениях были встречены в небольшом количестве, они представлены многочисленными таксонами и позволяют получить некоторое представление о составе спорово-пыльцевого комплекса, характеризующего данный интервал разреза.

В составе спектров большинства изученных проб преобладает пыльца покрытосеменных растений, представленная таксонами, принадлежащими представителям субтропической и тропической палеофлоры, характерной для олигоцена и эоцена. Наиболее часто присутствует пыльца *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *oviformis* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *pusillus* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites pseudocingulum* (Pot.) Thoms. et Pfl., *Tricolporopollenites edmundi* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *fuscus* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites liblarensis* subsp. *liblarensis* Th., реж *Tricolporopollenites euphorii* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites apsilatus* Manyk., *Tricolporopollenites microreticulatus* Pfl. et Thoms., *Tricolporopollenites cingulum* (R. Pot.) Pfl. et Th. subsp. *pseudooviformis* Manyk., *Tricolporopollenites dolium* (R. Pot.) Pf. et Th. и др. Среди пыльцы покрытосеменных постоянно отмечаются пыльцевые зерна древних растений,

принадлежащие видам, имеющим сходство с представителями современных родов *Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Ostrya*, *Tilia*, *Ulmus*, *Myrica*, *Nyssa* и др.

В составе пыльцы хвойных пород преобладает пыльца древних видов рода *Pinus*, причем доминируют пыльцевые зерна подрода *Harpoxylon*, значительно реже встречается пыльца подрода *Diploxylon*. Из других хвойных единично отмечены *Podocarpus* sp. и *Taxodiaceae* gen.

Споры присутствуют почти во всех изученных пробах, причем в некоторых они встречаются в довольно большом количестве. Их разнообразие, однако, невелико. Доминируют представители *Steraisporites* (типа *Sphagnum*) и формального рода *Laevigatosporites*, морфологически сходного с бобовидными спорами *Polypodiaceae*. В единичном числе представлены споры *Concavisporites hungaricus* Kedves, *Verrucatosporites alienus* (Pot.) Thoms. et Pfl., *Leiotriletes adriennis* (R. Pot. et Gell.) subsp. *pseudomaximum* (Th. et Pfl.).

Таблица – Описание слоев, вскрытых скважиной «Свищево»

№	Интервал, м	Литология
1	0,0–10,6	Песок буровато-серый, неоднородный, преимущественно мелкозернистый, полевошпатово-кварцевый, слабоглинистый, неяснослоистый, с включениями гравия и мелкой гальки
2	10,6–21,3	Супесь серовато-коричневая, моренная, твердая, с включениями гальки и гравия, преимущественно в нижней и верхней части слоя
3	21,3–23,8	Песок мелкозернистый, хорошо окатанный и отсортированный, без примесей и включений
4	23,8–32,4	Супесь грубая, плотная, карбонатная, с включением гравия, гальки и валунов
5	32,4–34,4	Глина плотная, неясно-горизонтально-слоистая
6	34,4–37,4	Песок мелкозернистый, без примесей и включений
7	37,4–43,2	Супесь светло-серая, однородная
8	43,2–54,6	Песок светло-серый, однородный, тонкозернистый, к основанию слабоглинистый, полевошпатово-кварцевый, горизонтально- и волнисто-слоистый
9	54,6–67,8	Песок желтовато-серый, желтовато-коричневый, разнотонный, полевошпатово-кварцевый, с включением гравия и мелкой гальки, крупность грубообломочного материала увеличивается к основанию слоя
10	67,8–70,8	Глинисто-песчано-алевритистая порода, зеленовато-серая, тонко- и горизонтально-слоистая
11	70,8–76,4	Песок светло-серый, среднетоннозернистый, полевошпатово-кварцевый, однородный, без примесей и включений
12	76,4–79,4	Песок светло-серый, мелкозернистый, глинистый, полевошпатово-кварцевый
13	79,4–82,4	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, полевошпатово-кварцевый, неяснослоистый, хорошо окатанный и отсортированный, без примесей и включений
14	82,4–85,6	Переслаивание тонких прослоев темно-серой глины и песка серого и темно-серого мелко- и тонкозернистого, преимущественно кварцевого; мощность слоев доли мм, песчаные слои большей мощности
15	85,6–90,0	Глина темно-серая, с тонкими прослоями супеси светло-серой
16	90,0–91,8	Песок темно-серый, мелко-среднетоннозернистый, преимущественно кварцевый, с единичными включениями гравийных зерен молочно-белого и прозрачного кварца
17	91,8–92,7	Глина темно-серая до черной, полутвердая, участками переходящая в неясногоризонтально-слоистую супесь
18	92,7–108,4	Песок зеленовато-серый тонкозернистый, глинистый, глауконитово-кварцевый книзу переходящий в серовато-зеленую супесь
19	108,4–109,2	Глина черная (элювий мела)
20	109,2–115,0	Мел белый, пыльный

Следует отметить постоянное присутствие в составе спектров различных водорослей. В некоторых образцах их количество превышает содержание пыльцы и спор. В отдельных пробах, где пыльца и споры отсутствуют, представлен только микрофитопланктон. Преобладающими формами являются представители *Crassosphaera* (в основном *Crassosphaera* cf. *concinna* Cookson et Manum, реже *Crassosphaera* cf. *cooksoni* Krivan-Hutter, *Crassosphaera* sp. (мелкая форма). Довольно часто встречаются *Leiosphaeridia* sp., *Wetzelliella* (*Rhombodinium longimanum* Vozzhennikova, *Rhombodinium* cf. *draco* Gocht, *Rhombodinium rhomboideum* (Alberti) Lentin et Williams, *Rhombodinium* sp.), *Microdinium* sp., несколько реже отмечаются водоросли типа *Deflandrea* (*Deflandrea phosphoritica* subsp. *phosphoritica* Cookson et Eisenack и др.) и *Pterospermopsis* (*Pterospermopsis* cf. *australiensis* Deflandre et Cookson, *Pterospermopsis* sp. (мелкая форма) и другие. Часть встреченных представителей фитопланктона определить не удалось.

Сопоставление полученных материалов с известными спорово-пыльцевыми комплексами, характерными для палеогена Беларуси [Манькин, 1973, Бурлак, 1992], а также с данными исследований альгофлоры палеогена Беларуси (материалы А.Ф. Бурлак), показало, что выявленный комплекс имеет значительное сходство со спорово-пыльцевыми комплексами, которые С.С. Манькин выделил в качестве характерных для верхнего эоцена (киевская свита) и нижнего олигоцена (харьковская свита), подчеркнув большое сходство данных комплексов между собой.

Общими особенностями для сравниваемых комплексов являются следующие:

– преобладание пыльцы покрытосеменных в составе спектров, но при этом довольно существенное участие пыльцы хвойных пород;

– доминирование в группе покрытосеменных пыльцы *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *oviformis* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *pusillus* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites pseudocingulum* (Pot.) Thoms. et Pfl., *Tricolporopollenites edmundi* (R. Pot.) Pf. et Th., *Tricolporopollenites cingulum* subsp. *fuscus* (R. Pot.) Pf. et Th.;

- наиболее частое присутствие среди пыльцы хвойных пыльцевых зерен рода *Pinus*, в основном s/g *Harporoxylon*;
- единичное и спорадическое присутствие пыльцы *Podocarpus* и *Taxodiaceae*;
- частое присутствие в составе спектров пыльцы, по морфологическим особенностям близкой к современной (*Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Ostrya*, *Tilia*, *Ulmus*, *Myrica*, *Nyssa* и др.);
- отсутствие пыльцы стеммы *Normapolles* Pflug (в отличие от верхнеэоценовых комплексов);
- наиболее частое присутствие в составе спор представителей формального рода *Laevigatosporites*, морфологически сходных с видами сем. *Polypodiaceae*, а также *Steraisporites* (типа *Sphagnum*).

С.С. Манькин обращал внимание и на тот факт, что в отложениях харьковской свиты Беларуси пыльца и споры встречаются относительно редко, и в большей части изученных им образцов было обнаружено мало пыльцы и спор. В то же время он указывал на массовое присутствие в верхнеэоценовых отложениях водорослей типа *Deflandrea* и *Hystrichosphaeridium* [Манькин, 1973].

А.Ф. Бурлак, в свою очередь, отмечала слабую изученность микрофитопланктона олигоцена – лишь по одному разрезу (скв. 7045 у д. Тонеж Лельчицкого района Гомельской области), где были определены в значительном количестве *Deflandrea*, *Witzeliella*, *Hystrichosphaeridium*, *Microdinium*, *Leiospheridia*. Указанные формы, за исключением *Hystrichosphaeridium*, в заметном количестве представлены и в отложениях, вскрытых скважиной «Свищево».

Таким образом, представленные выше результаты палинологических исследований, а также сопоставление с данными, приведенными С.С. Манькиным и А.Ф. Бурлак, позволяют сделать вывод о том, что возраст отложений, вскрытых скв. «Свищево» в интервале глубин 82,4–92,7 м следует определить как среднеэоценовый – раннеолигоценовый и относить изученную толщу к киевскому (верхняя часть лютеского – бартонский ярусы) и харьковскому (приабонский – рюпельский ярусы) горизонтам палеогеновой системы [Стратиграфические схемы..., 2010].

1. Бурлак А.Ф. Новые палинологические данные к стратиграфии и корреляции палеогеновых отложений запада СССР // Флора и фауна кайнозоя Белоруссии. Минск: Институт геохимии и геофизики АН Беларуси, 1992. С. 103–109.

2. Манькин С.С. Палеоген Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1973. 200 с.

Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка. Минск: БелНИГРИ, 2010. 282 с.

УДК 551.791 (476)

А. К. Карабанов¹, М. А. Богдасаров², Т. Б. Рылова¹, Г. И. Литвинюк³

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь

³Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка, Минск, Беларусь

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОПОРНОМ РАЗРЕЗЕ «РЕЧИЦА» БЕРЕЗОВСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Международным коллективом белорусских и польских геологов в 2014 г. выполнено комплексное изучение межледниковых отложений в карьере «Речица», расположенном в 2 км к югу от д. Речица Березовского района Брестской области в пределах водно-ледниковой равнины с абсолютными отметками поверхности около 150–160 м. В карьере на протяжении многих лет разрабатывается месторождение песка. Полезное ископаемое представлено преимущественно мелко- и тонкозернистыми флювиогляциальными песками мощностью до 10,4 м. Вскрышные породы представлены в центральной части месторождения преимущественно супесями мощностью от 2,4 до 3,3 м. В южной стенке карьера мощность вскрыши увеличивается. Здесь на значительном протяжении (несколько десятков метров) обнажается толща перигляциальных песчано-глинистых и межледниковых озерно-болотных образований, выполняющих древнюю ложбину, имеющую, скорее всего, старичное происхождение. Озерно-болотная толща представлена гумусированными суглинками, глинами, гиттиями и торфом общей мощностью более 3,5 м (таблица).

Александрийские отложения на территории Беларуси встречаются довольно широко и известны более чем в 200 местонахождениях. Они представлены аккумуляциями озерного, аллювиального, озерно-аллювиального, болотного и озерно-болотного генезиса, распространенными в виде отдельных линз или небольших по площади участков. В обнажениях долин крупных рек отложения александрийского горизонта иногда выходят на поверхность, однако таких обнажений очень мало. К их числу относятся разрезы Матвеев Ров у д. Малая Александрия Шкловского района, Колодежный Ров у д. Принеманская возле г. Гродно, Руба Витебского района.

Межледниковые отложения александрийского возраста в районе д. Речица в 1985–1993 гг. изучались сотрудниками Института геологии, геохимии и геофизики АН Беларуси. В то время мощность межледниковых слоев в обнажении была всего 0,8 м. Данные спорово-пыльцевого анализа позволили Т.Б. Рыловой определить

александрійський вік товщини. Спроби отримати насінну флору в той час виявилися безрезультатними [Величківський і др., 1993]. Полеві дослідження 2014 г. виявили в кар'єрі Речица унікальне обнаження, в результаті вивчення якого отримані більш повні палинологічні та палеокарпологи́чні дані. Особливе значення має можливість порівняльного аналізу розрізу «Речица» з даними польських учених по розрізу мазовецького міжледникового в районі г. Бяла-Подляска.

Спорово-пилецевий аналіз. Дослідження 30 зразків, отриманих в стінці кар'єра з глибини 5,13–8,68 м від поверхні, показали, що таксономічний склад пилецької та кількісні співвідношення компонентів спектру, а також виявлена послідовність локальних пилецьких зон є типовими для александрійських міжледникових відкладів Білорусі. Такі особливості діаграми, як високе значення пилецької *Picea* та *Alnus* в початку міжледников'я; домінуюча роль пилецької хвойних порід (*Pinus*, *Picea*, *Abies*) на протязі всього міжледников'я, в тому числі в кліматичному оптимумі; майже одночасне з'явлення пилецької широколистяних порід (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* і др.) та *Corylus* в кліматичному оптимумі; більш пізніше та майже одночасне з'явлення *Abies* та *Carpinus*; невелика роль пилецької широколистяних порід в кліматичному оптимумі; несуттєве участь пилецької *Corylus*; наявність в складі спектру пилецької *Taxus baccata*, *Pterocarya* і др. – дозволяють впевнено співставити її як з іншими спорово-пилецькими діаграмами александрійського міжледников'я, так і з діаграмами, характеризуючими одночасні мазовецькі відклади на сусідній території Польщі, бутенські в Литві, ліхвинські в Росії.

Таблиця– Описання шарів в обнаженні «Речица»

№№	Інтервал, м	Літологія
1	0,0–0,8	Пісок темно-сірий, різнозернистий місцями ожелезнений, кварцево-полевошпатовий
2	0,8–5,13	Переслаивання супісесей, суглинків, глини коричнево-бурих, місцями ожелезнених, з включенням грубообломочного матеріалу
3	5,13–7,08	Суглинок темно-сірий до чорного, гумусований, в основанні шару переходящий в глину
4	7,08–7,77	Торф коричневий до чорного, з включенням великих гілок приблизно 2 см в діаметрі
5	7,77–7,92	Гіттия темно-коричнева до чорної, щільна з включенням деревини
6	7,92–8,02	Торф темно-коричневий, добре розложившийся
7	8,02–8,17	Деревинні рештки
8	8,17–8,33	Гіттия темно-коричнева, тонкоплітчаста, з включенням решток деревини
9	8,33–8,68	Глина темно-сіра, з включенням прослоїв світло-сірого піску
10	8,68–8,75	Глина сіра пластична, в верхній частині ожелезнена, на межі з нижележачим шаром темно-бура
11	8,75–9,0	Пісок світло-сірий, дрібно- та середньозернистий, полевошпатово-кварцевий, в верхній частині ожелезнений, косослоистий (шари падають на південь-захід), добре сортирований

Палеокарпологи́чний аналіз. Насінна флора розрізу Речица налічує більш 60 форм деревинних, кустарникових та трав'янистих рослин. З деревинних порід присутні насіння та фрагменти хвої *Pinus sylvestris* L., *Picea* sp., *Larix* sp., що свідчить про лісний тип рослинності. Більш представителна та різноманітна трав'яниста рослинність. В першу чергу слід відзначити велику кількість решток таких рідких для плейстоцену видів трав'янистих рослин як *Aracites interglacialis* Wielicz., *Caulinia goretzkyi* (Dorof.) Dorof., решток яких налічується тисячі екземплярів та зібрані вони в основному з торф'янистих осадових порід. Крім цих двох екзотических видів в флорі розрізу Речица представлені та інші теплолюбиві трав'янисті форми, багато з яких є вимершими, це: *Brasenia borysthena* Wielicz., *Aldrovanda dokurovskyi* Dorof., *Nymphaea cinerea* Wielicz., *Dulichium arundinaceum* (L.) Britt., *Potamogeton dorofeevii* Wielicz., *Potamogeton goretzkyi* Wielicz. та багато інших. Такий набір екзотів трав'янистих рослин та темнохвойний тип лісної рослинності дозволяють без сумніву відносити даний флору до александрійського (ліхвинського) міжледников'я та співставляти її з такими типовими александрійськими флорами на території Білорусі, як Мінськ на Щаре, де також присутня велика кількість решток *Aracites* [Величківський, 1982], Руба та Верхов'є-1 на Західній Двіні, а по набору деревинних та трав'янистих рослин з міжледниковою флорою гіпостратотипа александрійських відкладів у д. Принеманська [Якубовська, 1976]. Відсутність в флорі широколистяних деревинних порід (*Carpinus betulus* L., *Taxus baccata* L., різних *Tilia* та *Acer*) та деяких екзотических форм трав'янистих рослин (*Potamogeton maackianus* A. Benn., *Caulinia interglacialis* Wielicz., *Myriophyllum spinulosum* Dorof.) не зменшують значення даної флори та дозволяють розглядати розріз Речица як опорний розріз александрійського міжледников'я на півдні Білорусі.

В найближчий час розробка кар'єра буде припинена. За проектом рекультивації планується виконати відпрацювання стінок, що призведе до знищення унікального за своєю науковою цінністю обнаження александрійських відкладів. Тому необхідно оголосити обнаження в південній стінці кар'єра Речица пам'ятником природи.

2. Величkevич Ф.Ю., Рылова Т.Б., Санько А.Ф., Феденя В.М. Березовский страторайон плейстоцена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1993. 146 с.
3. Якубовская Т.В. Палеогеография лихвинского межледниковья Гродненского Полесья. Минск: Наука и техника, 1976. 298 с.

УДК 550.8: 550.9

Г. А. Колпашиков¹, Г. Ф. Смирнова², К. Р. Литвинович², В. И. Шкода²
¹ БНТУ, Беларусь, ² БГУИР, Минск, Беларусь

ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ» В ВУЗАХ СТРАНЫ

При увеличении темпов строительства сооружений различного назначения усиливается значение изучения курса «Инженерная геология» в вузах страны.

Инженерная геология как наука содержит три основных раздела: «региональная инженерная геология», «грунтоведение», «геодинамика». Все три раздела органически раскрывают закономерность пространственно-временной изменчивости инженерно-геологических условий в зависимости от истории развития земной коры и современных физико-географических условий.

Целью преподавания дисциплины является овладение студентами знаний в области проектирования и эксплуатации зданий и сооружений, исключающего риск проявления опасных геологических процессов приводящих к деформациям строительных конструкций. Основные методы обучения должны включать инновационные подходы:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариантное изложение, поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода при лабораторных и практических занятиях и самостоятельной работе;
- использование коммуникативных технологий (дискуссии, учебные дебаты и другие формы и методы, реализуемые на конференциях);

В настоящее время разработаны и опубликованы пособия и монографии, позволяющие со своей полнотой освоить три раздела инженерной геологии [Колпашиков, 2005; Никитенко, 2005; Шведовский, 2007; Зуй, 2004; Инженерная..., 2011].

В пространственном отношении грунты как основания зданий и сооружений развиты повсеместно на территории страны.

При этом наблюдается закономерное изменение состава и строения грунтов при переходе от северных районов к южным, что определяет изменение их водно-физических свойств. Выделяются три характерные зоны по содержанию обломочных фракций – северную и среднюю с валунами, гравием, галькой и южную, сложенную преимущественно песчано-глинистыми отложениями. Граница между этими зонами приближенно проходит на севере вдоль границы краевых образований позерского а на юге вдоль краевых образований сожского оледенения.

Для каждой из этих зон имеют место экологические риски в результате проявления опасных геологических процессов. Это должно учитываться при проектировании зданий и сооружений.

Типичным представителем глинистых водно-ледниковых отложений являются известные в инженерно-геологической практике ленточные глины, широко развитые на севере Республики Беларусь.

Ленточные глины могут без значительных деформаций выдерживать нагрузки до 0,3–0,4 МПа, даже если их естественная влажность превышает верхний предел пластичности. Однако осадка толщи водонасыщенных ленточных глин под сооружением усиливается при переслаивании глинистых и песчаных прослоев. Последние, как естественные дренажи отводят воду, выжимаемую из глинистых пород.

Моренные супеси и суглинки наиболее детально были изучены в средней зоне. Изменчивость их незначительна: при средних значениях удельного веса для супесей 2,68 г/см³ и суглинков 2,7 г/см³ средние квадратичные отклонения составили соответственно 0,04 и 0,05 г/см³, коэффициенты вариации 1,5 и 1,8%.

Однако моренные отложения даже при значительной плотности и слабой сжимаемости в периоды переувлажнения превращаются в текучепластичные.

Лессовидные супеси и суглинки получили развитие на Минской и Новогрудской возвышенностях, в пределах Копыльской и Ошмянской гряд, Оршаноско-Могилевского плато. Особенности инженерно-геологического изучения лессовидных грунтовых толщ связаны со сложными условиями их залегания.

Лабораторными исследованиями показано, что супеси и суглинки теряют прочность и устойчивость в результате их способности к набуханию и размоканию. Особенно важно учитывать это обстоятельство в откосах и котлованах, которые напрямую подвергаются воздействию атмосферных осадков.

Значительные материальные потери связаны с деформационными процессами в набухающих грунтах, широко развитых в центральной зоне. Особенно отчетливо они проявились в Солигорском

горнопромышленном районе, где имели место деформации зданий и сооружений, выход из строя подземных коммуникаций и др. При свободном набухании относительное линейное приращение высоты отдельных образцов достигало 0,145–0,190 по отношению к начальной, что позволило отнести их к набухающим грунтам. Деформация грунтов увеличивается при их промерзании, особенно при подъеме уровня грунтовых вод. Эти исследования определили необходимость учета изменений свойств грунтов при подтоплении территорий.

Южная зона занимает территорию Белорусского Полесья, где широко распространены отложения речных террас. На геологических разрезах в составе аллювиальных отложений, покрывающих супесчано-суглинистую толщу повсеместно преобладают слоистые мелкие пески с высоким содержанием тонкодисперсной фракции и выдержанным литологическим составом по простиранию. При проектировании сооружений должно учитываться наличие на малых глубинах (порядка нескольких метров) супесей и суглинков, обладающих высокой степенью просадочности, что подтверждается бурением разведочных скважин.

Представленный материал отвечает требованиям изучения курса и позволяет получить дополнительные сведения, которые могут быть использованы как в учебном процессе, так и при проектировании объектов гражданского, дорожного, линейного, мелиоративного и других видов строительства.

1. Колпашников Г.А. Инженерная геология: учебное пособие для студентов строительных специальностей / Г.А. Колпашников. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 126 с.
2. Шведовский, Н.В. Инженерная геология / Н.В. Шведовский, В.Г. Федоров. – Брест, 2007. – 266 с.
3. Никитенко, М.И. Инженерно-геологические изыскания в строительстве / М.И. Никитенко. – Минск, 2005. – 218 с.
4. Зуй, В.И. Методы инженерно-геологических и гидрогеологических исследований. Учебно-методическое пособие. – Минск, БГУ, 2014. – 254 с.
5. Инженерная геология России. Том 2, – М., 2011. – 815 с.

УДК 622.35:622.85+504.06

Б. И. Коробейников

*Государственное научное учреждение «Институт природопользования НАН Беларуси»,
Минск, Беларусь*

ОЦЕНКА РИСКОВ И МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ЭКОЛОГООПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Экологический риск характеризуется как отклонение от общепризнанных принципов и норм отношений человека, хозяйствующих субъектов, общества и государства к окружающей природной среде, а также от норм социальных отношений возникающих между ними. Оценка экологических рисков – выявление и оценка вероятности наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для состояния окружающей среды, здоровья населения, деятельности предприятия и вызванного загрязнением окружающей среды, нарушением экологических требований, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологический риск - оценка на всех уровнях (от локального до глобального) вероятности появления негативных изменений в окружающей среде, вызванных антропогенным или иным воздействием.

Под экологическим риском также понимают возможную степень опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время.

Актуален вопрос: каким образом предотвратить или свести к минимуму тяжелые последствия чрезвычайных ситуаций, обусловленных авариями, загрязнением и разрушением биосферы, стихийными бедствиями? Концепция абсолютной безопасности до недавнего времени была фундаментом, на котором строились нормативы безопасности во всем мире.

Считалось, что такой инженерный, детерминистский подход позволяет исключить любую опасность для населения и окружающей среды и обеспечит абсолютную безопасность, т. е. нулевой риск.

Любая деятельность человека, направленная на создание материальных благ, сопровождается использованием энергии, взаимодействием ее со сложными техническими системами, а состояние ее защиты и окружающей среды оценивается не показателями характеризующими состояние здоровья и качество окружающей среды, а надежностью и эффективностью технических систем безопасности, и, следовательно, носит чисто отраслевой, инженерный характер.

Во всех развитых в промышленном отношении странах существует устойчивая тенденция применения концепции приемлемого риска. Поэтому, оценивая приемлемость различных уровней экономического риска на первом этапе, можно ограничиться рассмотрением риска лишь тех вредных последствий, которые в конечном счете приводят к критическим исходам, поскольку для этого показателя существуют достаточно надежные статистические данные.

Тогда понятие “гидроэкологический риск” может быть сформулировано как:

- отношение величины возможного ущерба, выраженного в числе критических исходов от воздействия на этапах эксплуатации экологоопасных промышленных объектов. Таким образом, главное внимание при определении экологического риска должно быть направлено на анализ соотношения вредных экологических последствий, заканчивающихся критическими исходами, и количественной оценки как вредного суммарного экологического воздействия, так и его компонентов.

Для примера рассмотрим один из экологоопасных промышленных объектов карьер РУП «Гранит», расположенный вблизи г.Микашевичи.

В геологическом отношении карьер строительного камня «Микашевичи» расположен в пределах Микашевичско-Житковичского выступа, который представляет собой резко приподнятый блок кристаллического фундамента в западной части Припятского прогиба. От смежных с ним Копаткевичской (на севере) и Туровской (на юге) депрессий он отделен системой разломов с суммарной амплитудой смещения до 2000 м. В тектоническом плане выступ представляет собой горстовый блок, который протягивается в субширотном направлении на 80 км при ширине до 10 км. На юге он ограничен крупным разломом с амплитудой до 1-3 км, а на севере – небольшим разломом с амплитудой в первые десятки метров. Поперечными диагональными разломами Микашевичско-Житковичский выступ разделен на три кулисообразно расположенных по отношению друг к другу горста: Житковичский, Микашевичский и Озерницкий. Первые два имеют клиновидную форму длиной 25-35 км. Месторождение строительного камня приурочено к центральному – Микашевичскому горсту. В геологическом строении этого горста принимают участие породы архея (кулажинская серия) и нижнего протерозоя (микашевичский и волхвинский комплексы). Карьер строительного камня расположен в восточной части горста, сложенного преимущественно диоритами и гранодиоритами, но его западная стенка плотно примыкает к этой разломной зоне. Это месторождение эксплуатируется уже более 30 лет. В настоящее время площадь карьера по поверхности составляет около 2,6 км² (1,75х1,50 км), а глубина превышает 130 м. Объем ежегодной добычи достигает здесь 7-8 млн.т. Добываемый камень перерабатывается в основном в щебень.

Добыча полезного ископаемого производится здесь под защитой карьерного водоотлива. За время эксплуатации месторождения по мере увеличения глубины карьера среднегодовой объем водоотлива постоянно возрастал. Если в 1975 г. он составлял 120 м³/сут, то к 2000 г. он увеличился до 49,5 тыс. м³/сут, а в настоящее время достигает 74,2 тыс. м³/сут.

Основные экологические проблемы, обусловленные разработкой карьера, связаны с повышенной минерализацией карьерных вод. Процесс их засоления наблюдается с середины 1980-х годов. В 1980 г. средняя минерализация карьерных вод составляла 0,3-0,4 г/дм³ и была сопоставима с естественным геохимическим фоном пресных подземных и поверхностных вод региона. Но уже к 1985 г. она возросла до 1,0-1,2 г/дм³, а в конце 1990-х годов достигла 3-4 г/дм³. Рост минерализации хорошо коррелируется с увеличением глубины отработки месторождения. Интенсивное засоление начало проявляться при глубине отработки 80-100 м.

Для изучения влияния водоотлива из карьера на уровенный режим подземных вод в 1979г. была создана режимная сеть из 25 наблюдательных скважин, из которых 2 скважины оборудованы на водоносный горизонт четвертичных отложений, 16 скважин – на обобщенный водоносный горизонт палеоген-неогеновых и четвертичных отложений, 1 скважина – на водоносный горизонт пинских отложений протерозоя и 6 скважин – на обобщенный водоносный горизонт архей-нижнепротерозойских отложений. Режимная сеть постоянно уменьшалась. К 1989г. она состояла из 11 скважин, а к 2001г. – из 5 скважин. В настоящее время старая режимная сеть ликвидирована. В кусте наблюдательных скважин, расположенных на расстоянии 300м от северо-западной части карьера и оборудованных на водоносные горизонты четвертичных и архей-нижнепротерозойских отложений в 2001г. понижение уровня достигло 16,46-17,12м. Эти данные свидетельствуют о том, что водоотлив из карьера существенно изменил гидродинамическую обстановку района исследований. Снижение уровней подземных вод также привело к существенному снижению стока поверхностных вод на прилегающей к карьере территории. Полностью прекратился сток в канале Вольчувка, проходившем севернее карьера. Резко сократился сток в р. Волхва, протекающей восточнее карьера. Причем сокращение этого стока превысило здесь допустимый предел (1/4 минимального естественного среднемесячного стока 95 % обеспеченности).

Проведем оценку возникших рисков от эксплуатации карьера РУП «Гранит», в результате которого происходит постоянное изменение гидродинамических гидрогеохимических условий в подземной гидросфере.

Существенный водоотлив из карьера (74,2 тыс. м³/сут.) будет негативно влиять:

1. На сработку емкостных запасов грунтовых вод. На севере на расстоянии 6 км от карьера находится городской хозяйственной водозабор «Случь-2». В структуре эксплуатационных запасов подземных вод этого водозабора решающая роль принадлежит перетеканию из грунтового горизонта, поэтому не исключена возможность истощения эксплуатируемого пинского водоносного комплекса.

2. На дальнейшее снижение и прекращение стока каналов и рек.

3. На снижение уровней грунтовых вод, которое окажет негативное воздействие на хвойную растительность и существенно уменьшит прирост древостоев, также окажет негативное воздействие на почвы, болотные воды, растительные сообщества и на сельскохозяйственную продукцию.

4. На увеличение величины сброса минерализованных вод в речную сеть. Это приведет к увеличению в поверхностных водах ПДК отдельных компонентов, установленных для водоемов рыбохозяйственного назначения.

5. На уничтожение уникального месторождения железистых вод, перспективного для использования в бальнеологии.

6. На возможное возникновение очага интенсивной разгрузки рассолов при дальнейшем углублении карьера и вскрытии новых зон повышенной трещиноватости в фундаменте.

Поэтому учитывая все перечисленные основные риски от эксплуатации карьера РУП «Гранит», необходимо методически совершенствовать систему мониторинга подземных вод. Организация мониторинга подземных вод должна основываться на решении возможных оценок воздействия эксплуатации карьера на грунтовые воды, поверхностные водотоки и водоемы и также на выявление и изучение источника обеспечивающего приток минерализованных вод в карьер. Ориентировочно минимальная режимная сеть должна состоять из семи кустов. Куст будет состоять из двух скважин: одна – на грунтовый горизонт, вторая – на протерозой или архей. Эти скважины смогут оценить гидродинамические и гидрогеохимические условия, которые позволят разработать новую математическую модель объекта для прогнозных расчетов и обосновать предложения по минимизации геозекологических последствий эксплуатации РУП «Гранит».

Для минимизации геозекологических последствий эксплуатации РУП «Гранит» одни авторы предлагают использовать дренажные траншеи [Ясовеев, 2001], другие – гидравлические и противодиффузионные завесы [Гречко, 2014]. Все предложенные методы не достаточно обоснованы. В настоящее время нет детальной информации о гидродинамических и гидрогеохимических условиях объекта из-за отсутствия режимной сети, нет экономической оценки эффективности предложенных мероприятий и не определено допустимое воздействие эксплуатации карьера на окружающую среду.

1. Ясовеев М.Г., Глебо Ю.А. Геозекологические проблемы разработки Микашевичского месторождения строительного камня // Вестник БГУ серия 2. Химия, Биология, География. 2001 №2. С.71-76.

2. Гречко А.М., Панасенко В.А., Волков В.Е. Механизм формирования минерализации карьерных вод при освоении месторождения строительного камня «Микашевичи» и природоохранные мероприятия по ее снижению // Горный журнал. 2014. №2. С. 30-38.

УДК 551 (476)

С. А. Кручек, Т. Ф. Саченко, В. Ю. Обуховская

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

ОБ ОРДОВИКСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОПОРНОЙ СКВАЖИНЫ ОСТРОВЕЦ 1 (Северо-западная часть Беларуси)

В опорной скважине Островец 1, пробуренной в районе Островецкой площадки (район строительства Белорусской АЭС) [3], ордовикские отложения с достаточно полным отбором керна пройдены в интервале глубин 196,0-245,8 м = 59,8 м. Представлены карбонатной толщей пород, в составе которой по палеонтологическим данным, в основном, по брахиоподам [1, 2, 10], с привлечением коллекций В.И. Пушкина [7] и акритархам [4, 9], с учётом вещественного состава и каротажных данных, согласно новой стратиграфической схемы ордовикских отложений Беларуси [7], выделены нижний, средний и верхний отделы, а также региональные (горизонты) и местные (свиты) стратиграфические подразделения. Что касается выделения объемов, то в нашем сообщении по-прежнему сохраняется хорошо известный британский ярусный стандарт ордовикской системы Общей стратиграфической шкалы [8], который отличается от утвержденного Международной стратиграфической комиссией нового ярусного стандарта ордовика Международной стратиграфической шкалы [11], принятого в последнее время и для территории России [5].

Нижний отдел ордовикской системы в скв. Островец 1 выделен условно (инт. 245,8-245,5 м = 0,3 м) по положению в разрезе и данным каротажа, основываясь на сопоставлениях со скважинами сопредельных районов северо-западной части Беларуси [6]. Он представлен *лэатсеской свитой*, относящейся к биллингенскому горизонту нижней части аренигского яруса. В разрезах скважин [7], расположенных вблизи Островецкой площадки, свита сложена очень незначительным по мощности слоем песчаника с пропластками глины и алевролита, обогащенных зернами глауконита. Отложения свиты, керн по которым не всегда удается поднять при бурении, со значительным стратиграфическим несогласием (отсутствуют образования тремадокского яруса нижнего ордовика) залегают с размывом на песчано-глинистых породах буйковской свиты среднего кембрия [3].

Отложения среднего отдела ордовикской системы в скв. Островец 1 (инт. 245,5-238,0 = 7,5 м) соответствует аренигскому (волховский и нижняя часть кундаского горизонта), лланвирнскому (средняя и верхняя части кундаского горизонта) ярусам, которые с размывом залегают на предполагаемых образованиях лээтсеской свиты нижнего ордовика. Значительная верхняя часть разреза отдела здесь отсутствуют вследствие крупного перерыва в осадконакоплении, предшествующего наступлению предпозднекарадокской трансгрессии моря. В связи с неполным объемом отдела из местных стратон в скв. Островец 1 представлены только мядельская, пиворская и твярячюская свиты.

Мядельская свита (инт. 245,5-243,9 м = 1,6 м), отвечающая волховскому горизонту, представлена маломощной пачкой глинисто-карбонатных пород, сложенной переслаиванием известняков и мергелей с пропластками бурых, железистых псевдооолитов. Из органических остатков установлены акритархи видов *Baltisphaeridium pateum* Eis., *B. capillatum* (Naum.), *B. pungens* (Tim.), *B. longispinosum* (Eis.), *Veryhachium trisulcum* (Deunff.) Deunff. var. *reductum* Deunff., *V. trisulcum* (Deunff.), *Peteinosphaeridium trifurcatum* (Eis.) близких по составу к комплексу акритарх волховского горизонта Подляско-Брестской впадины [4].

Пиворская свита (инт. 243,9-243,1 м = 0,8 м), соответствующая нижней части кундаского горизонта, является небольшой по мощности пачкой глинисто-карбонатных пород, характеризующейся переслаиванием глинистых известняков и мергелей. Свита выделена по положению в разрезе. Из органических остатков присутствуют только акритархи среднеордовикского возраста.

Твярячюская свита (инт. 243,1-238,0 м = 5,1 м), охватывающая среднюю и верхнюю части кундаского горизонта, в отличие от мядельской и пиворской свит, представлена пачкой серых и светло-серых известняков в различной степени глинистых, сменяющихся в кровле разреза мергелем, с прослойками железистых псевдооолитов и отдельными зернами глауконита. В известняках содержится большое количество раковинного детрита различных типов фауны. Возраст свиты установлен по данным изучения брахиопод: *Apomatella ingrika* (Pahlen), *Arthambonites calligramma* (Dalman), *Lycophoria nicella* (Dalman). Комплекс акритарх, включающий виды *Peteinosphaeridium trifurcatum* (Eis.) N. Umn., *Baltisphaeridium pateum* Eis., *B. capillatum* (Naum.), *B. calicispinum* Gorka, *B. longispinosum* (Eis.), *B. stellarie* N. Umn., *B. unguisum* (Tim.), *B. longispinosum* (Eis.) var. *filifera* Eis., также подтверждает ее среднеордовикский возраст.

К верхнему отделу ордовикской системы в скв. Островец 1 (инт. 238,0-196,4 м = 41,6 м) относятся отложения карадокского (оандуский, раквереский и набалаский горизонты) и ашгиллского (вормсиский и нижняя часть пиргуского горизонта) ярусов, которые трансгрессивно, с крупным стратиграфическим несогласием залегают на образованиях среднего ордовика. Значительные части разреза отдела, соответствующие курузескому, идавверескому, йыхвинскому и кейласкому горизонтам (и отвечающие им кряуноская, ричанская и вангишкинская свиты) внизу, как и верхней части пиргуского и поркунискому горизонтам (и соответственно друяская и таученская свиты) вверх, здесь отсутствуют вследствие предпозднекарадокского (предоандуского) и предпозднеландоверийского (предшвянченинского) перерывов в осадконакоплении. Выделенным региональным горизонтам отвечают местные стратоны в ранге свит: сморгонская, струстовская, нарочанская и сведасайская.

Сморгонская свита (инт. 238,0-232,8 м = 5,2 м), соответствующая оандускому горизонту, сложена пачкой серых карбонатных глин с прослоями и комками глинистых известняков, содержащих раковины различных типов фауны, из которых определен комплекс брахиопод: *Howelites wesenbergensis* Alichova, *Rafinesquina poljensis* Alichova, *Leptaena redunca* Tsegelnjuk, *Platysphoria dentata triata* Oraspold, характерных для данной свиты. Обнаруженные акритархи видов: *Micrhystridium keratoides* Spode, *Baltisphaeridium longispinosum* (Eis.), N. Umn var. *parvum* Down., *D. crissum* (Naum.), *Peteinosphaeridium* cf. *snigirevskajae* (Stock. et Will.), *Lophosphaeridium isotuberculatum* N. Umn. подтверждают позднеордовикский возраст вмещающих отложений.

Струстовская свита (инт. 232,8-228,3 м = 4,5 м), отвечающая ракверескому и нижней части набалаского горизонта, также представлен пачкой серых глинистых известняков с преобладанием мергеля в основании разреза. Стратон литологически четко отличается от комковатых известняков сморгонской свиты. В породах присутствует разнообразный, часто пиритизированный раковинный и растительный детрит. Возраст свиты подтвержден определениями брахиопод родов: *Dinorthis* sp., *Platysphoria* sp., *Sampa multicostata* Roomusoks, а также акритарх: *Peteinosphaeridium arbusculiferum* (Down.) N. Umn., *P. cf. snigirevskajae* (Stock. et Will.), *P. nudum* (Eis.), *Baltisphaeridium longispinosum* (Eis.) var. *parvum* Down., *Lophosphaeridium isotuberculatum* N. Umn.

Нарочанская свита (инт. 228,3-213,0 м = 15,3 м), охватывающая верхнюю часть набалаского и вормсиский горизонты, в отличие от нижезалегающих свит, образует сероцветную карбонатную толщу переслаивания скрытокристаллических и глинистых известняков с отдельными прослоями глин. В породах в большом количестве присутствуют раковины и их пиритизированные фрагменты различных типов фауны, в том числе обнаружена единичная раковина цефалоподы (головоногий моллюск). Возраст свиты доказан определениями брахиопод: *Platysphoria ostkovitchensis* Hints, *Sowerbyella raegaverensis* Roomusoks, *Wisogorskiella litviensis* Hints, *Boreadorthis crassa* Opik. Комплекс акритарх отличается видами: *Baltisphaeridium* cf. *longispinosum* (Eis.) var. *parvum* Down., *Peteinosphaeridium* cf. *snigirevskajae*

(Stock. et Will.), *P. nudum* (Eis.), *Lophosphaeridium isotuberculatum* N. Umn., характерными для отложений верхней части набалаского и вормсиского горизонтов южной части Прибалтийской моноклинали [9].

Сведасайская свита (инт. 213,0-196,4 м = 16,6 м), сопряженная с нижней частью пиргуского горизонта, завершает разрез ордовика в опорной скважине Островец 1. Она также представлена светло-серой карбонатной толщей пород, состоящей из скрытокристаллических и различной степени глинистых известняков, сменяющихся в верхней части разреза доломитизированными разностями и прослоями доломита. В породах встречаются пиритизированные остатки различных типов фауны, из которых определены брахиоподы: *Platysphoria ostkovitchensis* Hints, *Sowerbyella raegaverensis* Roomusoks, *Wisogorskiella litviensis* Hints, *Boreadorthis crassa* Opik., подтверждающие возраст свиты. Акритархи: *Baltisphaeridium longispinosum* (Eis.) N. Umn. var. *parvum* Down., *Peteinosphaeridium arbusculiferum* (Down.) N. Umn., *P. nudum* (Eis.) Eis., *P. cf. snigirevskajae* (Stock. et Will.) N. Umn., обнаруженные в отложениях свиты, характеризуются общностью видов с образованиями нижней части пиргуского горизонта

южной части Прибалтийской моноклинали [9].

В заключение отметим следующее:

1. Палеонтолого-стратиграфическое изучение ордовикских отложений опорной скважины Островец 1 уточняет сводный стратиграфический разрез Островецкой площадки [3, рис. 7].

2. Учитывая наличие в разрезе опорной скважины большого количества разнообразных остатков макро- и микрофауны (брахиопод, мшанок, остракод, конодонт и др.), а также микрофитофоссилий (акритархи), следует продолжить их дальнейшее изучение.

3. В связи с принятием Международной стратиграфической комиссии нового ярусного стандарта ордовикской системы (2008 г.) необходимо выполнить по примеру России (2012 г.) и других стран исследования по переводу британского стандарта ярусов ордовика территории Беларуси на новый ярусный стандарт (тремадокский, флоский, дапинский, дарривальский, сандбийский, катийский, хирнантский) Международной стратиграфической шкалы.

4. В разрезе опорной скважины установлены стратиграфические несогласия, связанные с различными по масштабам перерывами в осадконакоплении, которые особенно важно фиксировать при проведении геолого-съёмочных работ, так как они являются корреляционными маркерами как местных, так и региональных и глобальных геологических событий, являющихся объектом событийной стратиграфии.

1. Алихова Т.Н. Руководящая фауна брахиопод ордовикских отложений северо-западной части Русской платформы. М.: Недра, 1953. 127 с.
2. Алихова Т.Н. Стратиграфия и брахиоподы среднеордовикских отложений Московской синеклизы. М.: Недра, 1969. 93 с.
3. Кручек С.А., Плакс Д.П., Обуховская В.Ю. О силурийских отложениях Островецкой площадки северо-западной части Белорусской антеклизы // Літасфера. 2014. 2(41). С. 27-39.
4. Пискун Л.В. Акритархи ордовика и силура Брестской впадины и их стратиграфическое значение. Автореф. дисс. на соискание учен. степени канд.-геол. мин. наук. Таллин: АН ЭССР, 1975. 31 с.
5. Постановление Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб. 2012. Вып. 41. 44 с.
6. Пушкин В.И. Ордовикская система // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка. Мн.: ГП «БелНИГРИ», 2010. С. 85-93.
7. Ропот В.Ф., Пушкин В.И. Ордовик Беларуси. Минск: Наука и техника, 1987. 234 с.
8. Стратиграфический кодекс России. Изд. третье. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
9. Умнова Н.И. Акритархи ордовика и силура Московской синеклизы и Прибалтики. М.: Недра, 1975. - 167 с.
10. Хинте Л. Брахиоподы *Entelatacea* ордовика Прибалтики. Таллин: Ин-т геологии АН ЭССР, 1975. 117 с.
11. Ogg J.G., Ogg G. and Gradstein F.M. (Eds.) The Concise Geologic Time Scale. Cambridge University Press. 2008. 177 p.

УДК 556.3

К. В. Кудрявцева

Белорусский государственный университет. Минск, Беларусь

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВОДОЗАБОРА “НОВИНКИ”

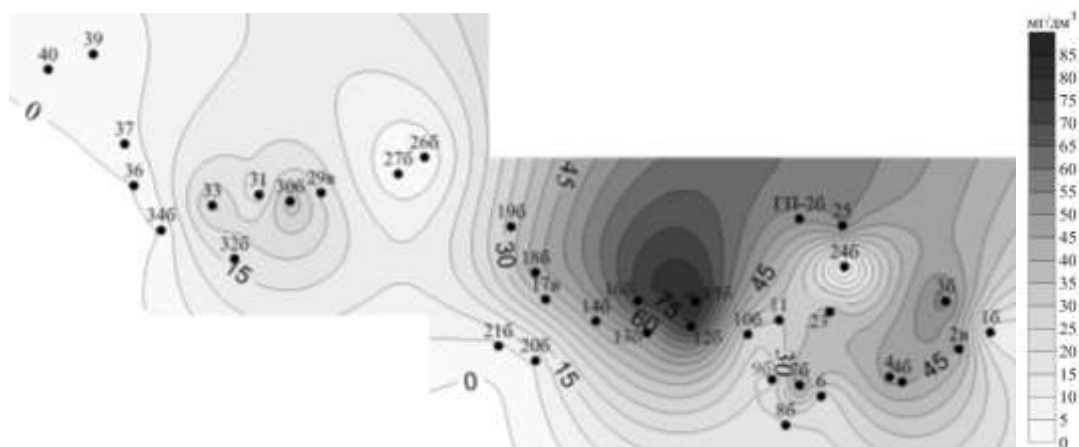
По результатам мониторинговых наблюдений за состоянием качества подземных вод, ежегодно выполняемых Государственным предприятием “НПЦ по геологии”, в настоящее время наиболее неблагоприятной геоэкологической обстановкой в пределах Минского региона характеризуется водозабор “Новинки”.

Водозабор “Новинки” находится в северо-западной части г. Минска и эксплуатируется с 1932 г. Скважины в его пределах расположены в виде ломаной линии длиной около 15 километров, протягивающейся с северо-запада на юго-восток вдоль Дроздовского водохранилища и долины р. Свислочь, рисунок. Расстояние между скважинами изменяется от 150 до 850 м. Отбор подземных вод на

территории водозабора осуществляется из двух водоносных комплексов: днепровского-сожского водно-ледникового (глубина скважин 33,0–106,0 м) и валдайского терригенного (глубина скважин 281,0–293,0 м) [Переоценка..., 2010].

Антропогенная нагрузка на территории водозабора распределена весьма неравномерно. Подземные воды днепровского-сожского водно-ледникового комплекса испытывают наиболее сильное хозяйственное воздействие в пределах восточного крыла водозабора. Специфика характера загрязнения подземных вод обусловлена расположением скважин восточного крыла в непосредственной близости от жилой частной застройки и на сельскохозяйственных землях.

Анализ материалов по водозабору “Новинки” позволяет проследить взаимосвязь, в первую очередь, нитратного загрязнения подземных вод с экологической ситуацией на участках расположения скважин, оборудованных на водоносный днепровский-сожский водно-ледниковый комплекс. По результатам гидрогеохимического опробования скважин водозабора, выполненного в 2013 г., максимальное содержание нитратов достигло 81,2 мг/дм³, а превышение уровней ПДК (45 мг/дм³) зафиксировано в 10 скважинах восточного крыла водозабора.



Карта-схема распространения нитратов (NO_3^-) в водах днепровского-сожского водно-ледникового горизонта на водозаборе “Новинки”
(составлена автором по материалам Государственного предприятия “НПЦ по геологии”)

При этом следует отметить, что на момент начала эксплуатации водозабора нитраты в подземных водах практически отсутствовали. В 1970-х годах в ряде скважин содержание нитратов достигало уже 20–27 мг/дм³, а к середине 1990-х годов возросло до 50–65 мг/дм³. В этот период превышение уровней ПДК по нитратам отмечалось в 7 скважинах [Переоценка..., 2010]. Предварительный прогноз качества подземных вод Минской городской агломерации свидетельствует о том, что к 2020 г. содержание нитратов в водоносном днепровском-сожском водно-ледниковом комплексе водозабора “Новинки” может достичь 135 мг/дм³, что соответствует превышению ПДК в три раза [Васнёва, 2014].

Таким образом, в отношении водозабора “Новинки” может быть сделан однозначный вывод о неуклонном росте уровней нитратного загрязнения в водах водоносного днепровского-сожского водно-ледникового комплекса, который является здесь основным эксплуатируемым горизонтом.

Западное крыло водозабора, расположенное, главным образом, в зеленой зоне, характеризуется преимущественно отсутствием следов нитратного загрязнения. Исключение составляют лишь скважины №№ 29в, 306, 31 и 33, находящиеся на участке сельскохозяйственных земель. Содержание нитратов в этих скважинах изменяется от 11,2 до 35,4 мг/дм³. В остальных скважинах западного крыла водозабора содержание нитратов находится на уровне естественного геохимического фона и не превышает 3,4 мг/дм³.

Помимо нитратов важным и, в значительной степени, универсальным показателем антропогенного загрязнения подземных вод является содержание хлоридов. Это обусловлено тем, что ион Cl^- является характерным компонентом не только сельскохозяйственного и коммунально-бытового, но также промышленного и транспортного загрязнения подземных вод. Кроме того, Cl^- в подземных водах не испытывает процессов биохимического преобразования, которое характерно для ионов NO_3^- и SO_4^{2-} (нитрат- и сульфатредукция), или процессов сорбции, характерных для ионов Na^+ и K^+ . Все это предопределяет более широкое распространение в подземных водах повышенных (выше уровня естественного геохимического фона) содержания хлоридов на участках, испытывающих различные виды антропогенного загрязнения [Переоценка..., 2010].

По данным гидрогеохимического опробования артезианских скважин водозабора “Новинки”, проведенного в 2013 г., содержание иона Cl^- в водах днепровского-сожского водно-ледникового комплекса изменяется от 2,8 до 131,3 мг/дм³. Из 37 опробованных скважин превышение естественного геохимического фона по Cl^- (9,0 мг/дм³) зафиксировано в 33 скважинах. Однако в связи с высоким уровнем ПДК (350 мг/дм³), установленным для хлор-иона в питьевых водах, превышение допустимой

концентрации в скважинах не наблюдается. В целом, повышенные содержания СГ в скважинах водозабора “Новинки” хорошо коррелируют с повышенными содержаниями нитратов. Так, на восточном крыле водозабора загрязнение хлоридами наблюдается практически во всех скважинах, за исключением скв. № 246. Западное крыло водозабора характеризуется повышенными содержаниями СГ только в тех скважинах, которые расположены на сельскохозяйственных пашнях. В ряде скважин, находящихся в пределах зеленой зоны, уровень концентрации СГ практически не превышает естественный геохимический фон.

На водозаборе “Новинки” в водоносном днепровском-сожском водно-ледниковом комплексе следы антропогенного загрязнения проявились и по такому показателю, как содержание сульфатов. Уровень естественного геохимического фона этого компонента в водах водоносного днепровского-сожского водно-ледникового комплекса на территории Беларуси достигает $12,0 \text{ мг/дм}^3$ [Переоценка..., 2010]. В скважинах водозабора “Новинки”, эксплуатирующих данный водоносный комплекс, в 2013 г. содержание SO_4^{2-} варьировало от 4,3 до $93,6 \text{ мг/дм}^3$ и в большинстве случаев превышало уровень естественного геохимического фона. Вместе с этим, концентрации сульфатов были значительно ниже ПДК, установленной для питьевых вод (500 мг/дм^3). Следует отметить, что повышенные содержания сульфатов в водах днепровского-сожского комплекса хорошо коррелируют с повышенными содержаниями в водах нитратов и хлоридов, что свидетельствует о высокой степени нарушенности естественного геохимического фона подземных вод водоносного днепровского-сожского водно-ледникового комплекса на территории водозабора.

На участках антропогенного загрязнения в подземных водах практически всегда присутствуют повышенные содержания Na^+ и K^+ . Однако на накопление этих компонентов в подземных водах большое влияние оказывают ионообменные процессы в системе “вода-порода”. Избыточные содержания Na^+ и K^+ в подземных водах вступают в ионообменные реакции с поглощенным комплексом водовмещающих пород, вытесняя из него Ca^{2+} и Mg^{2+} . Рост содержания этих компонентов приводит к увеличению жесткости воды [Переоценка..., 2010]. Вероятно, именно с этим связаны случаи превышения в подземных водах уровня ПДК по общей жесткости в скважинах №№ 46, 76 и 126. В этих же скважинах отмечаются и максимальные содержания СГ (до $131,3 \text{ мг/дм}^3$), SO_4^{2-} (до $93,6 \text{ мг/дм}^3$) и NO_3^- (до $74,4 \text{ мг/дм}^3$), что непосредственно указывает на высокую степень антропогенного загрязнения подземных вод на данных участках.

В ряде скважин на водозаборе “Новинки” фиксируется превышение уровня ПДК $\text{Fe}_{\text{общ}}$ до $2,0 \text{ мг/дм}^3$ при установленной ПДК $0,3 \text{ мг/дм}^3$. В связи с этим отмечается повышенная мутность воды (до $5,0 \text{ мг/дм}^3$ при установленной ПДК $1,5 \text{ мг/дм}^3$). Как известно, высокие содержания в подземных водах железа, а нередко и марганца, являются характерной геохимической особенностью не только белорусского региона, но и всей гумидной зоны в целом. Поэтому повышенные содержания железа в отдельных скважинах на водозаборе “Новинки” обусловлены исключительно природными факторами и не связаны с имеющимися здесь место процессами антропогенного загрязнения подземных вод [Переоценка..., 2010].

Вторым эксплуатируемым водоносным комплексом на водозаборе “Новинки” является валдайский терригенный комплекс. По условиям формирования химического состава подземных вод валдайский терригенный комплекс естественным образом отличается от неглубокозалегающего водоносного днепровского-сожского водно-ледникового комплекса. Главным образом, это находит выражение в отсутствии следов антропогенного загрязнения в водах этого комплекса. По состоянию на 2013 г. концентрация нитратов здесь находилась на уровне $0,2 \text{ мг/дм}^3$, содержание хлоридов изменялось от 1,6 до $3,5 \text{ мг/дм}^3$, сульфатов – от 2,8 до $4,9 \text{ мг/дм}^3$, что не превышает уровень естественного геохимического фона. Вместе с тем, сравнительно глубокое залегание данного комплекса и, как следствие, более низкая его гидрогеологическая проницаемость обуславливают повышенные содержания бора и бария. Так, максимальное содержание бора в подземных водах валдайского терригенного комплекса достигло $1,4 \text{ мг/дм}^3$ при уровне ПДК $0,5 \text{ мг/дм}^3$, максимальное содержание бария составило почти $0,5 \text{ мг/дм}^3$ при уровне ПДК $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Однако повышенные концентрации бора и бария в водах валдайского терригенного комплекса обусловлены исключительно природными факторами: составом водовмещающих пород и гидрогеологическими особенностями залегания.

Оценивая современное геоэкологическое состояние подземных вод на водозаборе “Новинки”, можно утверждать, что интенсивное антропогенное воздействие, выражающееся в совместном проявлении коммунально-бытового и сельскохозяйственного загрязнения, отмечается здесь в относительно неглубокозалегающем водоносном днепровском-сожском водно-ледниковом комплексе и полностью отсутствует в валдайском терригенном комплексе.

1. Васнёва, О.В. Оценка влияния источников загрязнения на химический состав и качество подземных вод Минской городской агломерации: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.01.07 / О.В. Васнёва. – Минск, 2014. – 333 с.
2. Переоценка запасов подземных вод эксплуатируемых водозаборов г.Минска: отчет о НИР (заключ.) / Белорус. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-т; рук. темы Б.И. Коробейников. – Минск, 2010. – Кн. 2. – 134 с.

ПРОГРАММА РАСЧЕТОВ ИСТИННОЙ МОЩНОСТИ РУДНОГО ГОРИЗОНТА ПРИ БУРЕНИИ ПОД УГЛОМ К РОСТИРАНИЮ

Оценка объемов и запасов полезных ископаемых стратифицированных рудных месторождений основана на учете нескольких основных параметров, среди которых важнейшее место занимает истинная мощность рудного горизонта (пласта). С другой стороны, в настоящее время все большее распространение получает наклонное направленное бурение. Оно применяется для разных целей, в том числе в тех случаях, когда размещение буровой установки непосредственно над рудным телом по каким-либо причинам невозможно. В общем случае наклонного залегания рудного пласта и наклонного бурения скважины определение истинной мощности пласта должно учитывать инклинометрические данные бурения и параметры залегания пласта. Цель данной работы - рассмотреть подходы к определению истинной мощности стратифицированного рудного пласта в общем случае как вертикального, так и наклонного бурения и составить программу расчетов для определения истинной мощности пласта по керну скважины.

Основные параметры и ход расчетов определения истинной мощности рудного пласта рассмотрены в работе [1]. В расчетах принимают участие следующие параметры (рис.1). Угол α – угол наклона скважины относительно горизонтали. Угол β – угол падения рудного тела. Угол γ – угол между горизонтальной проекцией скважины и направлением падения. Угол δ – видимый угол падения рудного тела вдоль направления бурения. Тогда истинная мощность рудного пласта M может быть определена [1] как:

$$M = L \cdot R_m \quad (1)$$

Здесь L – видимая мощность пласта в кернах скважины, R_m – коэффициент мощности как функция наклона скважины α , падения пласта β и угла профиля γ .

Коэффициент мощности R_m принимает значения от 0 до 1, при этом, при его максимальном значении равном 1 истинная мощность M равна мощности рудного пласта в кернах L , а ствол скважины перпендикулярен плоскости пласта. Во всех других случаях коэффициент R_m меньше 1, и истинная мощность M меньше мощности пласта в кернах L . Таким образом, Основной целью расчетов является определение коэффициента мощности R_m . В работе [1] показано, что коэффициент R_m может быть определен по формуле:

$$R_m = \frac{\sin(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \cos \beta \quad (2)$$

В этой формуле углы α и β задаются инклинометрическими данными бурения и условиями падения рудного пласта. Тогда как угол δ видимого падения рудного пласта вдоль направления бурения требует предварительных вычислений.

Рассмотрев геометрию положения ствола скважины относительно наклонно залегающего рудного пласта, можно определить формулу для вычисления угла δ :

$$\delta = \text{ArcTan}(\cos \gamma \cdot \tan \beta) \quad (3)$$

В результате последовательных расчетов видимого угла падения рудного тела вдоль направления бурения δ , а затем коэффициента мощности R_m для разных углов α , β и γ , можно установить основные закономерности изменения истинной мощности рудного горизонта. Была составлена программа расчетов коэффициентов мощности R_m и определения истинной мощности M в среде Delphi с построением номограмм коэффициентов R_m (рис. 2).

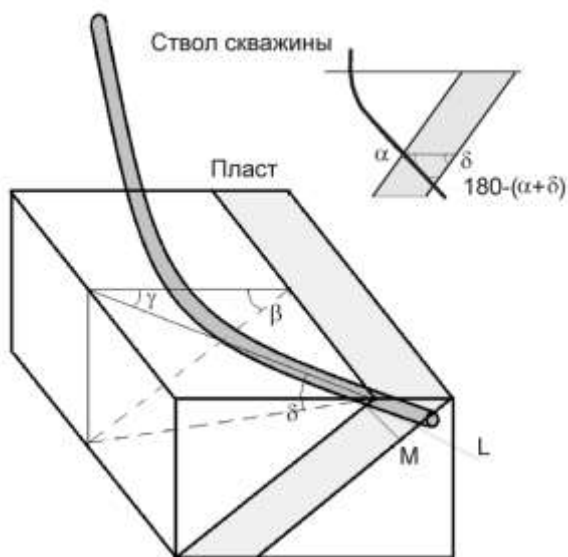


Рис.1. Схема параметров, участвующих в расчетах истинной мощности пласта

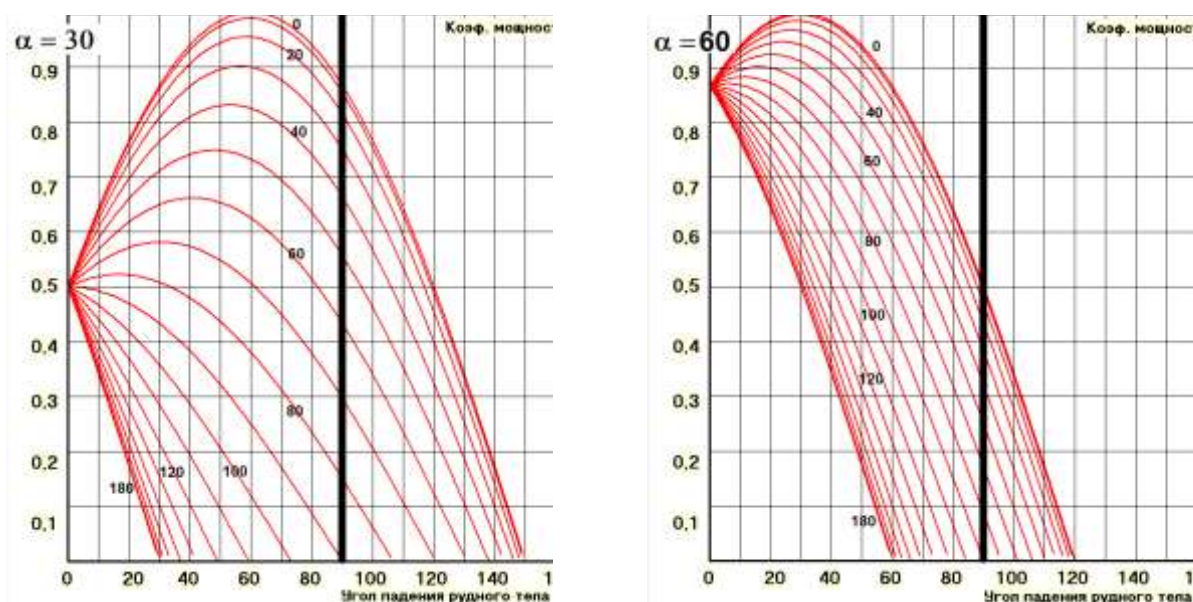


Рис. 2. Номограммы определения коэффициента мощности R_m для углов наклона скважины 30° (слева) и 60° (справа). Значения угла γ между горизонтальной проекцией скважины и направлением падения рудного пласта указаны на линиях номограмм

Можно видеть, что коэффициент R_m равен 1 только при бурении вкрест простирания пласта и при перпендикулярной проходке рудного горизонта, когда сумма углов $\alpha + \beta = 90^\circ$. Во всех остальных случаях истинная мощность рудного горизонта меньше видимой мощности горизонта в керне скважины.

Расчеты истинной мощности рудного горизонта (пласта) используются для оперативной оценки порядка величин содержаний и запасов полезных ископаемых при наличии лишь ограниченных данных. Более передовые методы оценки запасов руд выполняются на основе современных методов анализа, основанных на больших наборах данных, с построением 3D моделей месторождений.

Вельмер Ф-В, Дальхеймер М., Вагнер М. Экономические оценки месторождений. 2-я редакция. Изд. «Книга», Киев, 2002, 283с.

УДК 504.06:51-74

¹С. А. Лаптёнок, ¹В. А. Левданская, ¹Е. В. Карпинская, ²Е. М. Минченко, ³И. В. Лазар, ³М. А. Дубина

¹ – Белорусский национальный технический университет,

² – Государственное учреждение образования «Институт непрерывного образования» БГУ,

³ – Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,
г. Минск, Беларусь, 267413@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ МЕТОДОМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ КОНКОРДАЦИИ

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, проведен первичный анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 годы, в результате которого были рассчитаны интенсивные показатели заболеваемости по количеству случаев за каждый год и средней численности населения за весь изучаемый период, который затем был разделен на три периода по среднему значению интенсивного показателя: с 1953 по 1979 гг., с 1979 по 1989 гг. и с 1989 по 2003 гг. [Лаптенок, Лазар, 2011]

Проведена пространственная категоризация всех случаев злокачественных новообразований у населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области (свыше 7300 по данным белорусского канцер-регистра) по территориальной принадлежности к зоне, расположенной на разломах и между разломами Украинско-Балтийского суперрегионального линеамента (так называемой Ивенецко-Першайской зоне), к зонам, расположенным над другими региональными и локальными линеаментами, а также к зонам, расположенным вне линеаментов и кольцевых структур [Лаптенок, 2010].

Проводится анализ динамики заболеваемости, структурных характеристик локализации злокачественных новообразований а также пространственных характеристик процесса для каждой категории территорий в различные периоды с учетом комбинированного влияния комплекса геоэкологических факторов. Также проводятся исследования по оценке вероятности радиоактивного загрязнения территорий, обусловленной близостью линеаментов и кольцевых структур.

Для определения тесноты связи между произвольным числом ранжированных признаков используется метод расчета коэффициентов конкордации (согласованности) [Ляптенко, 2013]. Уровни конкордации ранжирования процентных долей различных локализаций злокачественных новообразований в общей структуре заболеваемости в различных геоэкологических условиях могут служить индикатором изменений в данной структуре под воздействием исследуемых факторов.

В ходе реализации данной методики были сформированы сводные таблицы, включающие структуры заболеваемости в населенных пунктах выделенных категорий (табл. 1) для пяти периодов наблюдения, в которых представлены структуры заболеваемости по группам локализаций и по классификации МКБ – 9.

Затем было произведено ранжирование структуры для каждой категории населенных пунктов за каждый период наблюдения и сформированы таблицы, содержащие ранжированные структуры заболеваемости по группам локализаций и по классификации МКБ – 9. Для каждой из таблиц были рассчитаны коэффициенты конкордации W_5 , W_3 и W_2 , оценивающие согласованность структур заболеваемости. Показатель W_5 оценивает согласованность структур по всем пяти периодам наблюдения (01.01.1953–31.12.1964; 01.01.1965–31.12.1974; 01.01.1975–30.06.1984; 01.07.1984–30.06.1994; 01.07.1994–31.12.2003), показатель W_3 – по трем (01.01.1975–30.06.1984; 01.07.1984–30.06.1994; 01.07.1994–31.12.2003), а W_2 – по двум (01.07.1984–30.06.1994; 01.07.1994–31.12.2003) периодам (табл. 2).

Таблица 1 Условные обозначения категорий населенных пунктов

Обозначение	Содержание
«101»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линеаментом, не загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«102»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линеаментом, загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«111»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеамент, не загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«112»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеамент, загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«200»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеамента, не загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«202»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеамента, загрязненной радионуклидами ^{137}Cs
«300»	Населенные пункты, входящие в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 132 от 01.02.2010 г.

Для сравнения уровней согласованности структур заболеваемости в различных геоэкологических условиях применялся критерий знаков [Johnson, 1984; Бубнов, 2009]. Получены результаты его применения для проверки гипотезы о более высоком уровне согласованности структур заболеваемости на территориях, загрязненных ^{137}Cs . Здесь имеют место следующие параметры критерия: при общем количестве ненулевых разностей $N = 24$ количество положительных разностей $n(+)$ = 18, количество отрицательных разностей $n(-)$ = 6. Критическое значение отрицательных разностей для $N = 24$ равно 7, следовательно, гипотеза принимается с достоверностью $P < 0.1$.

Аналогично осуществлялась проверка гипотезы о более высоком уровне согласованности структур заболеваемости на территориях, расположенных над зоной Украинско-Балтийского суперрегионального линеамента в отличие от других территорий. Параметры критерия знаков: $N = 24$ количество положительных разностей $n(+)$ = 18, количество отрицательных разностей $n(-)$ = 6. Критическое значение отрицательных разностей для $N = 24$ равно 7, следовательно, гипотеза принимается с достоверностью $P < 0.1$.

Проверка гипотезы о более высоком уровне согласованности структур заболеваемости на территориях, расположенных над зонами суперрегиональных и локальных линеаментов, чем на территориях, находящихся вне указанных зон, дала следующие результаты: $N = 30$; $n(+)$ = 24; $n(-)$ = 6. Критическое значение отрицательных разностей для $N = 30$ равно 7. Гипотеза принимается с достоверностью $P < 0.01$.

Исходя из полученных критериальных оценок можно с достаточно высокой достоверностью утверждать, что факторы загрязнения территории радионуклидами ^{137}Cs и расположения ее над линеаментами литосферы оказывают определенное влияние на структуру заболеваемости по локализациям злокачественных новообразований. Согласованность структур заболеваемости, зарегистрированных в различные периоды наблюдения на загрязненных территориях оказывается выше, чем на территориях без радионуклидного загрязнения. Аналогично согласованность структур

заболеваемости в зонах, расположенных над линеаментами литосферы, значимо выше показателя вне указанных зон.

Таблица 2 Коэффициенты конкордации структуры заболеваемости для различных категорий населенных пунктов

Категории	W ₅		W ₃		W ₂	
	группы	МКБ-9	группы	МКБ-9	группы	МКБ-9
111	0.2289	0.0208	0.2538	0.0336	0.3176	0.0486
112	0.8198	0.0231	1.2639	0.0385	1.2639	0.0577
101	0.1584	0.0199	0.1963	0.0323	0.2665	0.0458
102	0.1480	0.0213	0.1806	0.0356	0.2500	0.0554
202	0.2247	0.0219	0.2486	0.0358	0.3095	0.0520
200	0.1047	0.0200	0.1684	0.0350	0.2503	0.0500
300	0.2545	0.0199	0.2857	0.0318	0.2857	0.0458

1. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорожко, С.В., Лаптенко, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.
2. Лаптенко, С.А. Применение пространственных операций при первичной обработке геоэкологических данных / Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС, 2010, №1-2, – С. 29-34.
3. Лаптенко, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций – Минск: БНТУ, 2013, – 287 с..
4. Лаптенко, С.А., Лазар, И.В. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации / Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2011, № 2, – С. 48-52.
5. Johnson, R., Elementary Statistics. 4th edition. / R. Johnson. – Boston: Duxbury Press, 1984. – 557 p.

УДК 504.06:51-74

¹С. А. Лаптенко, ¹Г. И. Морзак, ¹С. А. Хорева, ¹Л. Н. Гордеева, ²Е. М. Минченко, ³А. В. Осипов

¹ – Белорусский национальный технический университет,

² – Государственное учреждение образования «Институт непрерывного образования» БГУ,

³ – Государственное производственное объединение по топливу и газификации «БЕЛТОПГАЗ»,
г. Минск, Беларусь, 267413@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ДИНАМИКИ ЛИТОСФЕРЫ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

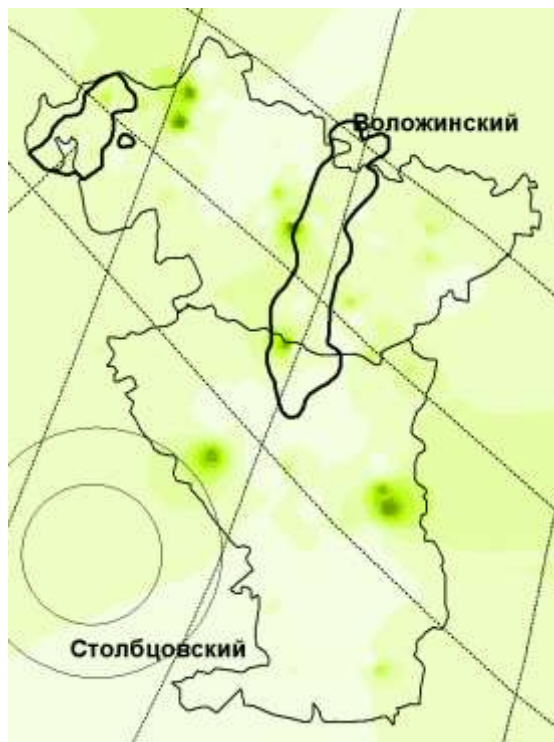
В целях выявления тенденций динамики уровня заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями и оценки влияния на данный процесс геофизических и геоэкологических факторов производилось непрерывное пространственное моделирование распределения значений интенсивного показателя заболеваемости за каждый год в период с 01.01.1956 по 31.12.2003 г. (см. рис.) Периоды с 01.01.1953 г. по 31.12.1955 г. и с 01.01.1958 г. по 31.12.1959 г. исключены из обработки в связи с неустраняемым дефицитом информации, не позволившим произвести расчеты интенсивных показателей [Лаптенко, 2013].

Результаты визуального анализа непрерывных пространственных моделей, построенных для каждого календарного года, были сведены в таблицы, в которых для каждого года указаны доли в процентах очагов с относительно высокими уровнями интенсивного показателя (выделены на картах-моделях более интенсивной заливкой), расположенных в зонах геологических особенностей литосферы и зонах радионуклидного загрязнения по отношению к общему количеству таких очагов.

Аналогичным образом производилось непрерывное пространственное моделирование распределения значений интенсивного показателя заболеваемости за каждый из пяти выделенных подпериодов (01.01.1953 – 31.12.1964 – «1959»; 01.01.1965 – 31.12.1974 – «1970»; 01.01.1975 – 30.06.1984 – «1979»; 01.07.1984 – 30.06.1994 – «1989»; 01.07.1994 – 31.12.2003 – «1999»).

Анализируя полученные таблицы, можно говорить о некотором снижении доли очагов в анализируемых зонах от периода до загрязнения (1956–1985 гг., 47%) к периоду после аварии на ЧАЭС (1986–2003 гг., 37%). Значимость результатов в таблице 2 нивелируется высокой степенью усреднения данных, которая обусловила определенный дефицит информации.

Поскольку зоны, загрязненные радионуклидами, территориально практически совпадают с зонами линеаментов [Лаптенко, 2010; Лаптенко, Корбут, 2011], можно предположить следующее: в зонах, расположенных над линеаментами литосферы, уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями превышает уровень заболеваемости населения, проживающего вне этих зон; комбинированное влияние геофизических факторов, действующих в данных зонах, и фактора загрязнения территории радионуклидами ¹³⁷Cs приводит к некоторому снижению уровня заболеваемости населения злокачественными новообразованиями.



Непрерывное пространственное распределение значений интенсивного показателя за 2000 г

Таблица 1 Количественная характеристика пространственного распределения интенсивного показателя в зонах линейных и кольцевых структур

Период	Количество очагов	Количество очагов в зонах линейных и кольцевых структур (абс.)	Количество очагов в зонах линейных и кольцевых структур (%)	Количество очагов в зонах пересечения линейных и кольцевых структур (абс.)	Количество очагов в зонах пересечения линейных и кольцевых структур (%)
«1959»	1	0	0	0	0
«1970»	1	1	100	1	100
«1979»	11	7	64	3	27
$\sum_{\text{«59-79»}}$	13	6	46	4	31
«1989»	3	2	67	1	33
«1999»	1	1	100	0	0
$\sum_{\text{«89-99»}}$	4	3	75	1	25
\sum	17	11	65	5	29

Таблица 2 Количественная характеристика пространственного распределения интенсивного показателя в зонах радионуклидного загрязнения

Период	Количество очагов	Количество очагов в зонах загрязнения и приближенных к ним (абс.)	Количество очагов в зонах загрязнения и приближенных к ним (%)	Количество очагов в зонах загрязнения (абс.)	Количество очагов в зонах загрязнения (%)
«1959»	1	1	100	0	0
«1970»	1	0	0	0	0
«1979»	11	5	45	3	27
$\sum_{\text{«59-79»}}$	13	6	46	3	23
«1989»	3	1	33	1	33
«1999»	1	0	0	0	0
$\sum_{\text{«89-99»}}$	4	1	25	1	25
\sum	17	7	41	4	24

1. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорошко, С.В., Лаптенко, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.
2. Лаптенко С.А. Применение пространственных операций при первичной обработке геоэкологических данных / Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС, 2010, №1-2. – С. 29-34.
3. Лаптенко С.А., Корбут Н.А. Предварительный анализ геоэкологических данных средствами геоинформационных систем / Проблемы создания информационных технологий. Сборник научных трудов, Выпуск 20, – М.: МАИТ, 2011, – С. 67-71
4. Лаптенко С.А., Лазарь И.В. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации / Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2011, №2, – С. 48-52.
5. Лаптенко С.А. Первичная интерпретация характеристик преобразования данных при анализе динамических процессов / Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2011, №3, – С. 71-75.
6. Лаптенко С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптенко, – Минск: БНТУ, 2013, –287 с.

В. Г. Левашкевич, А. С. Глаз

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь***ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АНОМАЛИИ В СКВАЖИНАХ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА**

Проведение систематических геофизических, в том числе, геотермических исследований в скважинах, является одним из основных элементов обеспечения технологической и экологической безопасности подземных хранилищ газа (ПХГ). Информативность геотермических исследований в скважинах обусловлена, в основном, дифференциацией горных пород по теплофизическим свойствам. Часто геотермические аномалии в скважинах связаны с местными гидродинамическими и физико-химическими процессами, которые наблюдаются в пластах-коллекторах искусственных газовых хранилищ при нагнетании или отборе газа. Наиболее существенным агентом искажения теплового поля являются пластовые воды и газы, эффекты перемещения которых находят отражение на скважинных термограммах. Выявление мест подобных перетоков газа и оценка их интенсивности являются важными показателями эксплуатации любого хранилища газа.

Ниже остановимся на оценке возможных аномалий температуры и ее градиента, которые возникают при вертикальном перетоке газа по заколонному пространству скважины или по ее стволу.

Предельная величина температурной аномалии, вызванная перетоком газа из пласта-коллектора в вышележащий водоносный горизонт через пористую среду, обычно не превышает первых единиц градусов Цельсия. При этом, термограмма скважины имеет вогнутость к оси глубин. При перетоке пластовой воды для тех же условий наблюдается положительная аномалия температуры. Все эти явления связаны с дроссельным эффектом. В результате, совместное движение газа и воды вызывает аномалию пониженной температуры в десятые доли градуса. Подобные значения находятся в пределах точности промыслового термокаротажа скважин и часто не могут быть уверенно определены по их термограммам. Для этого необходимо использовать приборы с точностью измерения температуры в скважине не хуже $(0,03-0,04) ^\circ\text{C}$.

Искажение теплового состояния пород в пределах скважин за счет вертикального тепломассопереноса наблюдается в случае перетока пластовых флюидов посредством фильтрации через пористую среду, вдоль цементного кольца скважины из-за его негерметичности, или по стволу скважины. Как правило, переток газа происходит вверх в вышележащие горизонты, иногда вплоть до дневной поверхности. В этих условиях формирование тепловых аномалий определяется, в общем, следующими факторами:

- 1) конвективным переносом тепла;
- 2) дроссельным эффектом (выделением или поглощением тепла при изменении давления);
- 3) конденсационным эффектом (выделением или поглощением тепла при разделении флюидных смесей);
- 4) диффузионным переносом вещества на границах фаз и связанным с ним смешиванием, что приводит к выделению или поглощению тепла.

Оценим предельную величину тепловых аномалий, формирующихся в результате перечисленных процессов. При этом отметим, что в пластовых условиях двумя последними факторами можно пренебречь. Кроме того обратим внимание, что тепловой эффект за счет конвекции и дросселирования поддается лишь граничным оценкам.

На рис. 1 приведена принципиальная схема перетока газа по заколонному пространству скважины и по ее стволу, а также обобщенный вид изменения температуры и ее градиента по глубине той же скважины. Такая схема отражает переток газа из основного пласта-коллектора в вышележащий пористый пропласток. При измерении температуры в скважине, по которой происходит переток газа, будут наблюдаться максимальные искажения температуры и ее градиента. В этом случае наиболее полно проявляется эффект Джоуля-Томпсона. Однако из-за технических сложностей на практике специальные термометрические исследования в таких скважинах провести не всегда удастся. Обнаружение факта перетока газа может быть установлено в соседних скважинах по характерному виду термограмм и градиентам температуры. При этом, чем ближе исследуемая скважина к месту перетока, тем точнее может быть его оценена интенсивность.

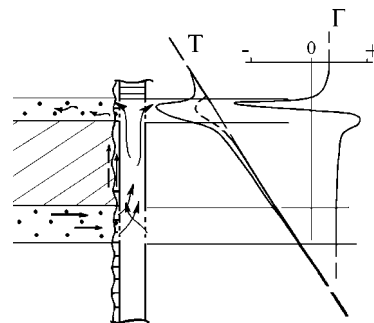


Рис. 1. Схематичное изображение перетока газа в пределах скважины и его отображение в кривых изменения температуры (Т) и ее градиента (Г) по глубине

Вклад конвективного переноса тепла в горных породах может быть оценен по формуле расчета плотности теплового потока (Q): $Q = q_k + c_p \cdot dT_1 \cdot V_z$, где q_k – невозмущенный тепловой поток на интервале фильтрации, слагаемое $c_p \cdot dT_1 \cdot V_z$ – определяет вклад теплового потока за счет конвекции, c_p – объемная теплоемкость флюида, dT_1 – разность температур между конечной и начальной точками потока, V_z – вертикальная составляющая скорости фильтрации. Нетрудно показать, что вклад конвективной составляющей особенно заметен при $V_z > 1$ м/год, что практически всегда выполняется при эксплуатации подземных хранилищ газа в водных горизонтах.

Изменение температуры (dT_2), вызываемое процессом перетока пластовых флюидов, например, по стволу скважины или по ее заколонному пространству из-за разности пластовых давлений, описывается известным уравнением Джоуля-Томсона: $dT_2 = -E \cdot dP$, где E – коэффициент Джоуля-Томсона, dP – изменение давления. Величина коэффициента E и его знак зависят от физико-химических свойств пластовых жидкостей и газов и от условий их фильтрации. Его усредненные значения лежат в пределах: – (0,18–0,24) К/МПа – для воды и +(2,5–6,0) К/МПа – для газа в зависимости от его состава. При перетоке смесей двух флюидов E рассчитывается по формуле с учетом их массового отношения.

Предельная величина изменения температуры (dT), как сумма конвективной составляющей (dT_1) и составляющей за счет дроссельного эффекта (dT_2), может быть обеспечена только при свободном перемещении газа по стволу скважины или по заколонному пространству. В случае перетока флюидов через пористую среду суммарный прирост температуры (dT_n) в пределах принимающего пласта необходимо перераспределить на скелет среды.

Приведем результаты количественной оценки термического эффекта, вызванного перетоком газа из пласта-коллектора в вышележащие пласты на расстояние 100 м на примере геологических условий Прибугского ПХГ.

Основной пласт-коллектор Прибугского ПХГ приурочен к песчаникам страдечских отложений, перекрытых мощной (до 70 м) толщей глин тех же отложений. Интервал перетока газа в вышележащие спановские отложения составляет 100 м (70 м – страдечские отложения и 30 м – спановские). Термометрические исследования скв. 26-к, расположенной в купольной части структуры, позволили рассчитать средневзвешенный градиент температуры в зоне перетока – 18,0 мК/м. В этом случае, прирост температуры за счет конвективной составляющей составляет 1,8 °С.

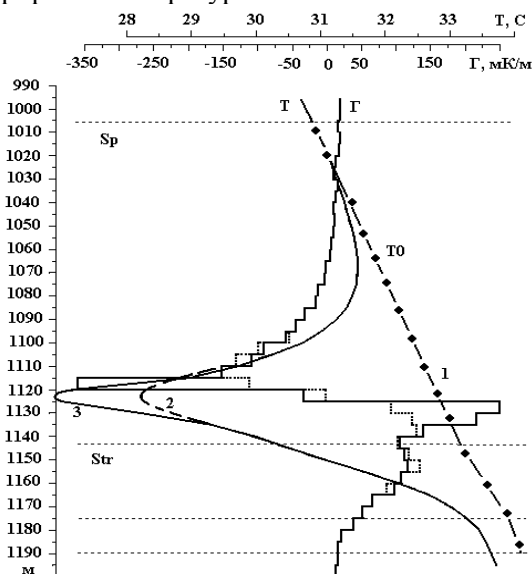


Рис. 2. Термометрия участка спановских (Sp) и страдечских (Str) отложений скважины 26-к Прибугского ПХГ, выполненная в разное время: 1 – в 1998 году, 2 – в апреле 2009 г. и 3 – в ноябре 2009 г., T_0 – ненарушенная термограмма, T – нарушенная термограмма, Γ – градиентограмма температуры

Для расчета составляющей аномалии температуры за счет эффекта Джоуля-Томсона использовали теплофизические параметры горных пород и газа для условий залегания основного пласта-коллектора хранения газа: глубина 1200 м, температура 30 °С. При уравновешенном давлении, когда пластовое давление в искусственной залежи совпадает с гидростатическим, прирост температуры на интервале перетока 100 м за счет эффекта Джоуля-Томсона будет равен: $dT_2 = -2,5$ К/МПа 1,0 МПа = –2,5 °С. Однако если учесть, что в области хранения газа среднее пластовое давление при полном заполнении хранилища превышает гидростатическое давление в среднем на 2 МПа, то не трудно рассчитать приращение температуры за счет дроссельного эффекта при перетоке газа из такой области. В этом случае $dT_2 = -7,5$ °С.

Суммарный эффект (dT) от свободного перетока газа по стволу или заколонному пространству скважины на интервале 100 м, при условии, когда в области хранения газа среднее пластовое давление совпадает с гидростатическим, будет составлять –0,7 °С. При перетоке газа в пористую среду изменение температуры породы (dT_n), рассчитанное для конечной точки перетока для принятых условий Прибугского ПХГ будет равно лишь –0,025 °С и находится на пределе точности термометров. При свободном перетоке газа из области повышенного пластового давления (в условиях полного

заполнения хранилища) возможно уменьшение температуры (dT) в верхней части интервала перетока на 5,7 °С. При распределении такой температуры на пористую среду уменьшение температуры в конечной области перетока (dT_n) будет составлять –0,21 °С.

Примером отражения вертикального перетока газа по не обсаженному участку одного из стволов скважины 26-к Прибугского ПХГ на кривых изменения температуры и ее градиента являются результаты специальных термометрических исследований скважины в различные периоды эксплуатации хранилища (рис. 2). Исследования выполнены в пределах спановских и страдечских отложений обсаженного ствола скважины, расположенного рядом с не обсаженным стволом с погрешностью 0,02–

0,04 °С. Приведенные на рис. 2 результаты убедительно свидетельствуют о вертикальном перетоке газа из основного пласта-коллектора страдечских отложений по свободному стволу скважины до места его закупорки на глубинах 1120–1122 м в пределах спановских отложений. При этом отмечается зависимость аномалии температуры от степени заполнения ПХГ газом: весной, когда газовая залежь характеризуется минимальным пластовым давлением, аномалия температуры уменьшается, а осенью аномалия увеличивается. На этих глубинах происходит трансформация вертикального перетока газа в горизонтальный путем заполнения пористого пространства горных пород и создания техногенной залежи. За счет эффекта Джоуля-Томсона происходит резкое уменьшение температуры в верхней части зоны перетока по отношению к равновесной температуре, измеренной до ввода ПХГ в эксплуатацию. Аномалия температуры достигает –5,7 °С.

УДК 550.4(476)

О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашёва
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК И ОЗЁР БЕЛАРУСИ

База геоданных (БГД) – совокупность географических наборов данных различных типов, используемых в ArcGIS и хранящихся в общей папке файловой системы – базе данных Microsoft Access, или многопользовательской реляционной базе данных (такой как Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix, или IBM DB2).

Использование БГД обеспечивает не только быстрый доступ и эффективную работу с хранящимися с её помощью данными, но и позволяет задавать правила и отношения внутри хранилища, определяющие поведение пространственно взаимосвязанных географических объектов и объектных классов и поддерживающие целостность данных.

БГД содержит три основных типа наборов данных: классы пространственных объектов; растровые наборы данных; непространственные таблицы.

Структура БГД была разработана на основе приложения ГИС ArcGIS 9.3 – ArcCatalog (рис. 1). В качестве базовой принята географическая система координат WGS 1984.



Рис. 1 – Общая структура БГД химического загрязнения рек и озёр Беларуси

В 2014 г. в базу данных были помещены результаты опробования современных донных отложений рек, проводившегося под руководством О. В. Лукашёва: в 2004–2005 гг. (гг. Полоцк, Бобруйск, Осиповичское водохранилище), в 2011–2013 гг. (30 промышленных населённых пунктов Беларуси), в 2014 г. (гг. Минск, Брест, Гомель, Гродно, Могилёв); а также результаты опробования донных отложений 256 озёр (материалы научного архива О. В. Лукашёва). Таким образом, в настоящий момент БГД «Химическое загрязнение рек и озёр Беларуси» включает в себя следующие компоненты:

– растровый каталог, объединяющий растры исходных данных (топографические карты и космоснимки районов исследования);

– набор классов пространственных объектов «Base», представляющий собой векторную пространственную основу и содержащий следующие классы пространственных объектов: «adm1» – границы Республики Беларусь, областей и районов; «settlement» – населенные пункты; «roads» – дороги; «rivers» – реки и каналы; «lakes» – озера и водохранилища; «geochemical_province» – границы литогеохимических провинций. Векторная пространственная основа создана на основе данных OpenStreetMap [1]. Данный набор классов включает также класс отношений «array6», управляющий связями между объектами в классе «lakes» и результатами геохимического анализа сапронелей (рис. 2).

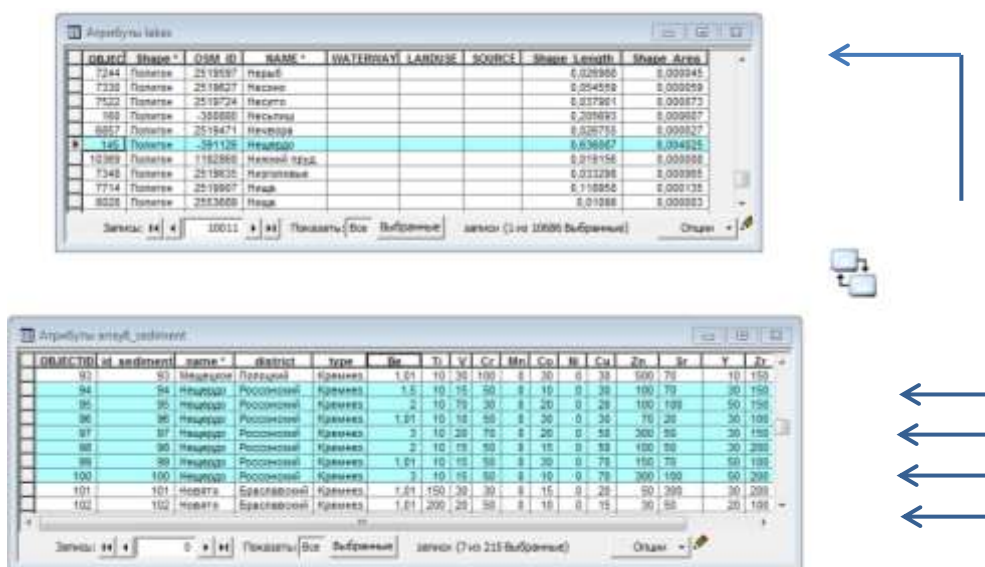


Рис. 2 – Схематическое представление класса отношений «array6»

– класс пространственных объектов «Enterprises» – промышленные предприятия, описывающий местоположение и отраслевую принадлежность предприятий. Включает данные о возможных элементах-загрязнителях в стоках;

– набор классов пространственных объектов «Sampling» состоящий из пяти точечных классов пространственных объектов (Sampling_points_array1, Sampling_BBZ_A22009, Sampling_Polotsk_A3_2004, Sampling_Bobruisk_A4_2004, Sampling_Osipovichichi_A5_2004). Класс пространственных объектов объединяет точки опробования, осуществлявшегося в рамках отдельной НИР. Каждый класс пространственных объектов данного набора имеет одинаковую структуру атрибутивной таблицы. Атрибутивная таблица содержит ключевое поле «number1», куда заносится уникальный (авторский) номер геохимической пробы. Другие поля содержат следующие информационно-справочные данные: индекс массива геохимических проб, дату отбора, координаты в форме десятичных градусов международной геоцентрической системы координат WGS84, тип водотока (река, ручей и т. д.), название водотока, фации донных отложений. Также в данный набор классов пространственных объектов входят классы отношений, связывающие точки опробования с результатами геохимического анализа (классы отношений «array», рисунок) и данными о геохимическом массиве проб (классы отношений «info») (рис. 3);

– Таблица «info_array», характеризующая отдельные массивы геохимических проб. Таблица имеет ключевое поле «array» – индекс массива, содержащее уникальный номер массива. Другие поля содержат следующие информационно-справочные данные (табл. 1).

В качестве примера приведены пункты таблицы, характеризующие массив геохимических проб, полученных в рамках научно-исследовательской работы «Оценить современное эколого-геохимическое состояние Осиповичского водохранилища на основе изучения его донных отложений и гидробионтов» (табл. 2)

– Результаты геохимического (спектрального) анализа сгруппированные в виде отдельных таблиц по массивам геохимических проб, имеющих следующую структуру (табл. 3).

Созданная в среде ArcGIS БГД позволяет не только осуществлять сбор и хранение данных, но и проводить различные виды анализа. В их числе: выборка объектов по признакам, первичная статистическая обработка данных и их классификация, тематическое наложение слоев, что способствует выявлению возможных источников химических элементов (природные, техногенные и др.) и путей их поступления в окружающую среду (рис. 4).

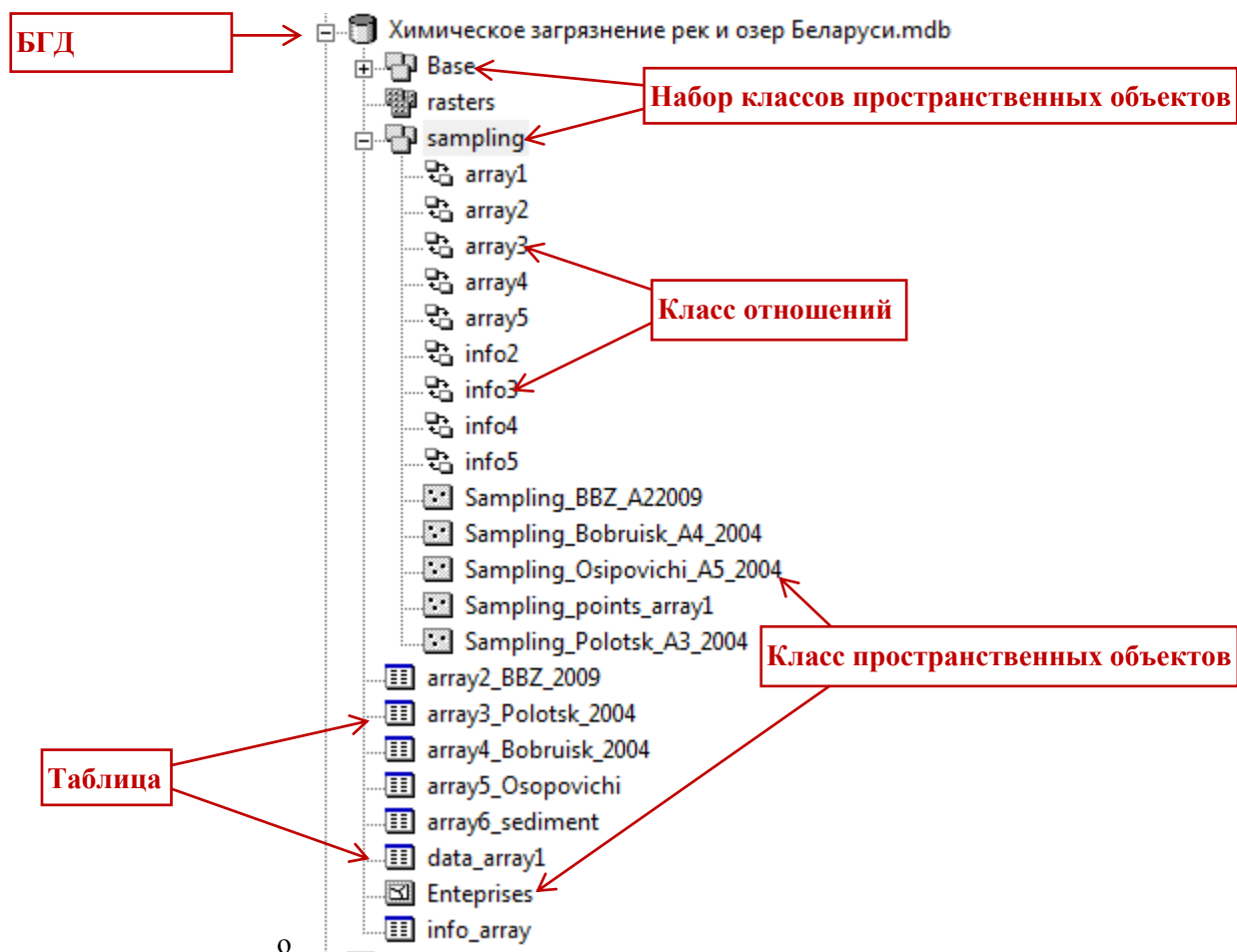


Рис. 3 – Структура БГД химического загрязнения рек и озёр Беларуси в окне каталога ArcCatalog

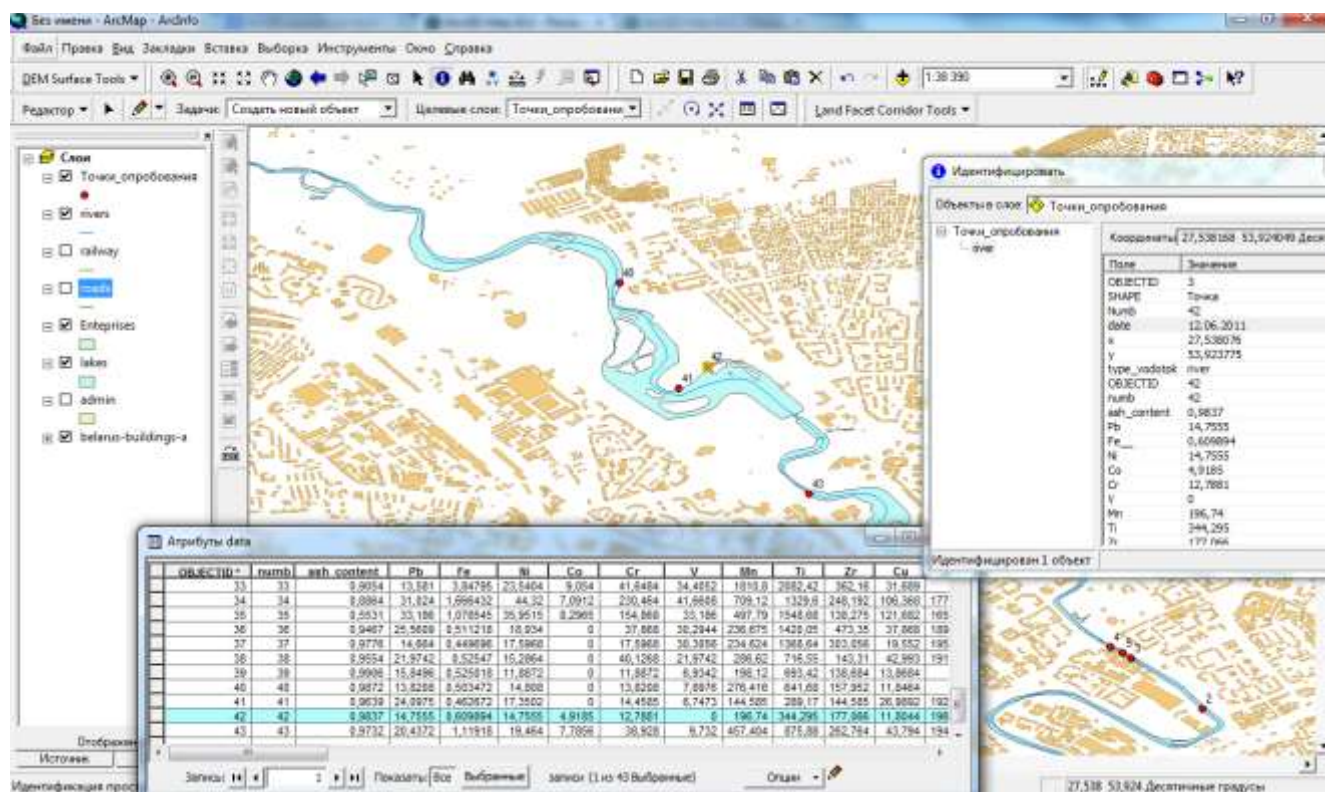


Рис. 4 – Пример отражения данных создаваемой базы на мониторе компьютера

Таблица 1 – Структура таблицы «Общая характеристика массива геохимических проб»

N	Имя поля	Тип поля	Описание
1	array	text	Индекс массива
2	NGR	long integer	Номер государственной регистрации
3	project	text	Тема НИР, в рамках которой были отобраны и проанализированы геохимические пробы, входящие в данный массив
4	author	text	ФИО ответственного исполнителя работ
5	georef	text	Географическая привязка
6	year	Shortinteger	Год проведения исследований
7	n_samples	Shortinteger	Количество проб в массиве
8	list	text	Перечень анализируемых элементов
9	method	text	Метод анализа

Таблица 2 – Общая характеристика массива геохимических проб «Осиповичи»

array	A5
NGR	2004787
project	Оценить современное эколого-геохимическое состояние Осиповичского водохранилища на основе изучения его донных отложений и гидробионтов
author	О. В. Лукашѐв
georef	Осиповичское водохранилище; река Свислочь
year	2004
n_samples	30
list	Be, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Ba, Yb, Pb
method	эмиссионный спектральный метод (ЭСА)

Таблица 3 – Структура таблицы «Результаты геохимического анализа проб»

№ поля	Имя поля	Тип поля	Описание
1	array	text	Индекс массива геохимических проб
2	N_point	Short integer	Номер точки опробования (авторский)
3	date	date	дата опробования
4	ash_content	Float	Зольность, %
5	Be	Float	Содержание бериллия, мг/кг сухого вещества
6	Ti	Float	Содержание титана, мг/кг сухого вещества
7	V	Float	Содержание ванадия, мг/кг сухого вещества
8	Cr	Float	Содержание хрома, мг/кг сухого вещества
9	Mn	Float	Содержание марганца, мг/кг сухого вещества
10	Fe	Float	Содержание железа, мг/кг сухого вещества
11	Ni	Float	Содержание никеля, мг/кг сухого вещества
12	Cu	Float	Содержание меди, мг/кг сухого вещества
13	Zn	Float	Содержание цинка, мг/кг сухого вещества
14	Sr	Float	Содержание стронция, мг/кг сухого вещества
15	Y	Float	Содержание иттрия, мг/кг сухого вещества
16	Zr	Float	Содержание циркония, мг/кг сухого вещества
17	Nb	Float	Содержание ниобия, мг/кг сухого вещества
18	Sn	Float	Содержание олова, мг/кг сухого вещества
19	Ba	Float	Содержание бария, мг/кг сухого вещества
20	Yb	Float	Содержание иттербия, мг/кг сухого вещества
21	Pb	Float	Содержание свинца, мг/кг сухого вещества

Данные OSM в формате shape-файлов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://beryllium.gis-lab.info/project/osmshp/region/BY>

С. О. Мамчик, С. А. Кручек, Л. А. Каримова, З. М. Клименко
Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

О СОСТАВЛЕНИИ ЛЕГЕНДЫ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ДОЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Согласно Стратегии развития геологической отрасли и интенсификации освоения минерально-сырьевой базы Республики Беларусь до 2025 года планомерное научно обоснованное проведение региональных геологоразведочных работ в целях формирования поискового задела, выявления новых перспективных на различные виды полезных ископаемых структур и комплексов является одним из стратегических направлений развития геологической отрасли.

В соответствии с Программой освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011-2015 годы и на период до 2020 года в настоящее время выполняются работы по региональному изучению недр. В районе г. Бреста на площади 10,2 тыс. кв. км ведутся работы по геологическому и гидрогеологическому доизучению масштаба 1:200 000 (Подляско-Брестский объект) с переводом геологической информации на цифровую основу и созданием соответствующих баз данных. В радиусе 30 км вокруг промышленной площадки строящейся Островецкой АЭС выполняется комплексная крупномасштабная геологическая съемка масштаба 1:50 000.

Начиная с 2016 года предполагается расширение региональных работ и начало нового этапа регионального геологического изучения недр, по результатам которого предусматривается составление, подготовка к изданию и издание листов Госгеолкарты-200 и Госгеолкарты-50. В этой связи возникла необходимость в составлении регламентирующих правил проведения регионального геологического изучения недр и правил подготовки государственных геологических карт. Так, разработаны ТКП 17.04-27-2011 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила составления и подготовки к изданию листов Государственной геологической карты Беларуси масштаба 1:200000», ТКП 17.04-41-2012 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила проведения регионального геологического изучения недр – комплексной крупномасштабной геолого-гидрологической, геоэкологической и инженерно-геологической съемок по созданию Государственной геологической карты Республики Беларусь в масштабе 1:50000», СТБ 17.04.02-02-2013 «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Геологические карты. Условные обозначения».

Следующим этапом совершенствования нормативной базы проведения регионального геологического изучения недр является подготовка Легенд для геологических карт дочетвертичных и четвертичных отложений Беларуси. Из них в данном сообщении кратко излагается только Легенда дочетвертичных (архей–неоген) отложений Беларуси, так как Легенда четвертичных отложений отличается своими особенностями и информация о ней будет представлена отдельно.

В основу Легенды дочетвертичных отложений (далее – Легенда) положены новые, принятые на Белорусском республиканском стратиграфическом совещании 2005 г. [1] и утвержденные в 2010 г. для использования приказом Департамента по геологии Минприроды РБ, стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси [2]. Она предназначена для геологических карт дочетвертичных (архей–нижний протерозой, рифей, венд, кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь, триас, юра, мел, палеоген, неоген) образований территории Беларуси. При разработке данной Легенды использованы следующие материалы: стратиграфические схемы Беларуси 1981 г. [3] и составленная на их базе Легенда для геологических карт 1984 г. [4], производственные отчеты БелНИГРИ и Института геохимии и геофизики НАН Беларуси; методические пособия и отдельные статьи и монографии отечественных ведущих специалистов в области стратиграфии дочетвертичных отложений [5; 6]. Учен опыт составления подобных легенд в Российской Федерации [7; 8; 9] и Литве [10]. Необходимо отметить, что как при разработке стратиграфических схем дочетвертичных отложений геологических систем главным образом фанерозоя, так и составлении на их основе Легенды в условиях Беларуси исключительную роль имеют палеонтолого-стратиграфические исследования [11].

Согласно принятым требованиям [7; 8] Легенда к картам и разрезам геологического содержания соответствующих масштабов должна состоять из условных обозначений в форме знаков с текстовыми пояснениями к ним. Она включает набор картируемых стратиграфических подразделений различного возраста, их отображения в цвете, знаков вещественного состава горных пород, различных типов органических остатков и других обозначений.

В Легенду в качестве основных картируемых стратиграфических подразделений включены как региональные подразделения – горизонты (надгоризонты, подгоризонты), так и местные подразделения – комплексы, серии, свиты, толщи. Это позволяет использовать ее при составлении разномасштабных геологических карт.

В качестве дополнительной информации в объяснительной записке к Легенде в табличной форме приводятся: схемы сопоставления стратиграфических подразделений каждой геологической системы

докембрия и фанерозоя (кембрий–неоген) 1981 и 2010 гг. и сокращенные варианты стратиграфических схем 2010 г. Показанное в схемах и Легенде совпадение границ подразделений местной и региональной шкал, как и их соотношение с Общей (Международной) стратиграфической шкалой [12], следует рассматривать как условное, требующее в дальнейшем подтверждения или уточнения.

Следует отметить, что в объяснительной записке к Легенде для сокращения объема текста не приводятся знаки вещественного состава горных пород, структурных элементов и других обозначений, так как правила их изображения и использования на геологических картах и разрезах изложены в указанном выше регламентирующем документе «СТБ 17.04.02-2013 «Охрана окружающей среды и природопользования. Недра. Геологические карты. Условные обозначения».

Важным элементом Легенды является правильный выбор методики районирования и выделения структурно-фациальных районов или структурно-формационных зон, основным критерием установления которых являются различия в типах разрезов, приуроченных к разным структурам, отвечающим, как правило, бассейнам седиментации. Поэтому выделенные по такому принципу зоны или районы соответствуют полностью или части бассейна седиментации, характеризующихся определенной фациальной обстановкой и определенным типом разреза. Это отражено на прилагаемых к объяснительной записке сокращенных вариантах стратиграфических схем дочетвертичных отложений. Тектонический подход к районированию относится, главным образом, к донеогеновым отложениям, тогда как для неогеновых и четвертичных образований ведущими являются палеогеографические и неотектонические факторы.

В связи с этим для территории Беларуси для отложений архея–нижнего протерозоя использована схема тектонической делимости фундамента на соответствующие структурные зоны. Для рифея выделены структурно-формационные зоны, которые соответствуют времени развития авлакогенов на территории Восточно-Европейской платформе. Для отложений вендской и большей части фанерозойских геологических систем выделяются структурно-фациальные зоны, названные по палеотектоническим структурам или их частям, которые определяли фациальную обстановку во время накопления соответствующих образований. Каждая из зон характеризуется определенным типом разреза, в особенности его полнотой. При районировании неогеновых отложений учитывались бассейны палеорек и неотектонические факторы.

Следует подчеркнуть, что Легенда дочетвертичных отложений составлена только на основе новых стратиграфических схем докембрийских и фанерозойских отложений территории Беларуси [2]. Новые материалы по стратиграфии отдельных геологических систем, полученные в нашей стране после 2010 г., требуют соответствующего компетентного рассмотрения и утверждения, и только после этого они могут быть учтены в Легенде.

Составление и редактирование Легенды и объяснительной записки к ней выполнено С.А. Кручком, Л.А. Каримовой и З.М. Клименко с использованием материалов по легендам отдельных геологических систем, авторами которых являются: архей–нижний протерозой (И.В. Найденов, Н.В. Аксаментова), рифей–венд (Н.В. Веретенников, А.Г. Лапцевич), кембрий (Г.В. Зиновенко, В.И. Абраменко), ордовик–силур (В.И. Пушкин), девон (Т.Г. Обуховская, Д.П. Пласс, С.А. Кручек), карбон (В.И. Толстосшеев, З.М. Клименко), пермь–триас (С.А. Кручек по материалам В.К. Голубцова и К.Н. Монкевича), юра–мел (Л.А. Каримова, З.М. Клименко), палеоген (Т.В. Якубовская, К.И. Давыдик), неоген (Т.В. Якубовская).

1 Решения Белорусского республиканского стратиграфического совещания по проектам новых стратиграфических схем Беларуси, 2005 г. / С.А. Кручек, Т.В. Якубовская // Літасфера. 2006, №1(24). С. 137–155.

2 Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси / С.А. Кручек, А.В. Матвеев, Т.В. Якубовская и др. – Мн.: ГП «БелНИГРИ», 2010. 282 с. Объяснительная записка + приложения из 15 стратиграфических схем.

3 Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981 г. (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами) – Л.: Межведомственный стратиграфический комитет СССР, 1983. 135 с.

4 Легенда для геологических карт четвертичных и дочетвертичных отложений территории БССР / М.С. Кичкина, Н.И. Рудницкий, Р.И. Левицкая. Мн., 1984. 58 с.

5 Геология Беларуси / А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.

6 Материалы по стратиграфии Белоруссии (к Межведомственному стратиграфическому совещанию. Минск, октябрь, 1981 г). Мн.: Наука и техника, 1981. 178 с.

7 Инструкция по организации и производству геолого-съёмочных работ и составлению Государственной геологической карты СССР масштаба 1:50 000 (1:25 000), утвержденной Министерством геологии СССР 24.10.84 г. Л.: ВСЕГЕИ, 1986. 243 с.

8 Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. М.: Роскомнедра, 1995. 244 с.

9 Методические рекомендации к сводной легенде Московской и Брянско-Воронежской серий / Ред. С.М. Шик. М., 1978. 57 с.

10 Стратиграфические схемы и легенда геологических и гидрогеологических карт Литовской ССР / А.А. Григалис, В.И. Игнатавичюс, В.Ю. Саладжюс. Вильнюс: Периодика, 1971. 225 с.

11 Палеонтолого-стратиграфические исследования и их роль в проведении геолого-съёмочных и поисково-разведочных работ на полезные ископаемые в Беларуси / С.А. Кручек, Т.Г. Обуховская // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр: Материалы Международной научно-практической конференции. Мн.: РУП «БелНИГРИ», 2007. С. 175–179.

12 Жамойда А.И. Современные проблемы международной (общей) стратиграфической шкалы // Літасфера. 2005. № 1(22). С. 4–14.

В. В. Махнач*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь***КОРРЕЛЯЦИЯ КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ПО АММОНИТОВЫМ ЗОНАМ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

Расчленение келловей-оксфордских отложений по аммонитам в пределах Припятского прогиба не везде одинаково детально обосновано. Для детализации стратиграфических подразделений в Припятском прогибе предлагается использовать аммонитовые зоны и подзоны [3]. Комплекс аммонитов келловей-оксфорда восточной части Припятского прогиба наиболее представительный и полный, однако по отдельным хроноинтервалам недостаточно изучен. Для корреляции отложений северной части Припятского прогиба использовались опорные скважины смежных участков. Границы биостратотонов в данном регионе определяются условно по литологическим данным.

Аммонитовые зоны в интервале средний келловей-поздний оксфорд хорошо узнаются и сопоставляются с аналогичными зонами Европы, России и Украины. Некоторые сложности в определении видов-индексов возникают для раннего келловей на уровнях *Macrocephalites hervey/Cadoceras elatmae* и *Proplanulites koenigi/Kepplerites gowerianus*. Сопутствующие виды двустворок на данном этапе изучения келловей-оксфорда значительного коррелятивного потенциала не несут, но могут учитываться для определения объема стратотонов различного ранга. В целом же выделение и корреляция отложений на уровне аммонитовых зон, по мнению Л.А. Каримовой и З.М. Клименко [1], существенно увеличивает разрешающую способность стратиграфической шкалы юрских отложений Беларуси.

В составе келловей-оксфордских отложений Припятского прогиба было установлено 7 подразделений по аммонитам. Нижнекекловейский подъярус хорошо устанавливается с запада на восток в пределах северной части Припятского прогиба (рис. 1). Выявлены все три аммонитовых зоны раннего келловей: *Cadoceras elatmae*, *Kepplerites gowerianus* и *Sigaloceras calloviense*. Реперный уровень *Kosmoceras jason* фиксируется по всему региону исследования и относится к среднему келловей, зона *Erymnoceras coronatum* здесь отсутствует. Поздний келловей представлен двумя зонами *Quenstedtoceras athlete* и *Quenstedtoceras lamberti*. Мощность отложений, включенных в состав этих зон, увеличивается с запада на восток. Отложения, представленные зоной *Quenstedtoceras lamberti*, выпадают в колонках отдельных скважинах. Породы оксфорда входят в состав зоны *Cardioceras cordatum*, в основном, на востоке территории.

Особенности стратиграфического строения рассматриваемой территории во многом сходны с Гомельским и Жлобинским подрайонами. Количество аммонитовых зон с севера на юг и с запада на восток увеличивается. Глубина залегания келловей-оксфордских отложений с запада на восток также увеличивается. Исходя из полученных данных, на территории северной части Припятского прогиба в келловее и оксфорде находился морской бассейн. В раннем келловее имела место сильная фациальная дифференциация, что свидетельствует о нестабильном морском режиме. Средний келловей (время *Kosmoceras jason*) характеризовался мелководным морем. В хроноинтервале *Erymnoceras coronatum* территория испытывала континентальный режим. Отложения верхнего келловей, судя по малакофауне, представлены морскими фациями. В раннем оксфорде, во время *Cardioceras cordatum*, на территории северной части Припятского прогиба существовало мелководное теплое море. Исследованиями в пределах северной части Припятского прогиба выявлено уменьшение стратиграфической полноты разреза с востока на запад (рис. 2). Количество зон при продвижении с севера на юг от северной к западной части Припятского прогиба уменьшается до уровня зоны *Cadoceras elatmae* раннего келловей. Центральная часть Припятского прогиба характеризуется увеличением количества аммонитовых зон с запада на восток. Хорошо прослеживается реперный уровень *Kosmoceras jason*, который позволяет проводить межрегиональные корреляции по аммонитовым зонам. Репером является и уровень *Cardioceras cordatum*, четко прослеживаемый на востоке северной части Припятского прогиба. В центральной части Припятского прогиба наблюдается большой стратиграфический перерыв – от второй половины среднего келловей до первой половины оксфорда. Восточная часть, как и восток северной части Припятского прогиба характеризуется большим количеством аммонитовых зон. Количество зон увеличивается на восточной части Припятского прогиба до 8 и нарастает в южном направлении. Стратиграфический перерыв в пределах восточной части Припятского прогиба отмечается на уровне *Erymnoceras coronatum* среднего келловей, а также на уровне *Quenstedtoceras maria* раннего оксфорда.

Проанализировав данные, можно с достаточно высокой степенью достоверности утверждать, что набор аммонитовых зон для каждого тектонического региона индивидуален. В связи с этим, необходимо проведение дополнительных исследований в пределах Припятского прогиба, особенно в его западной части.

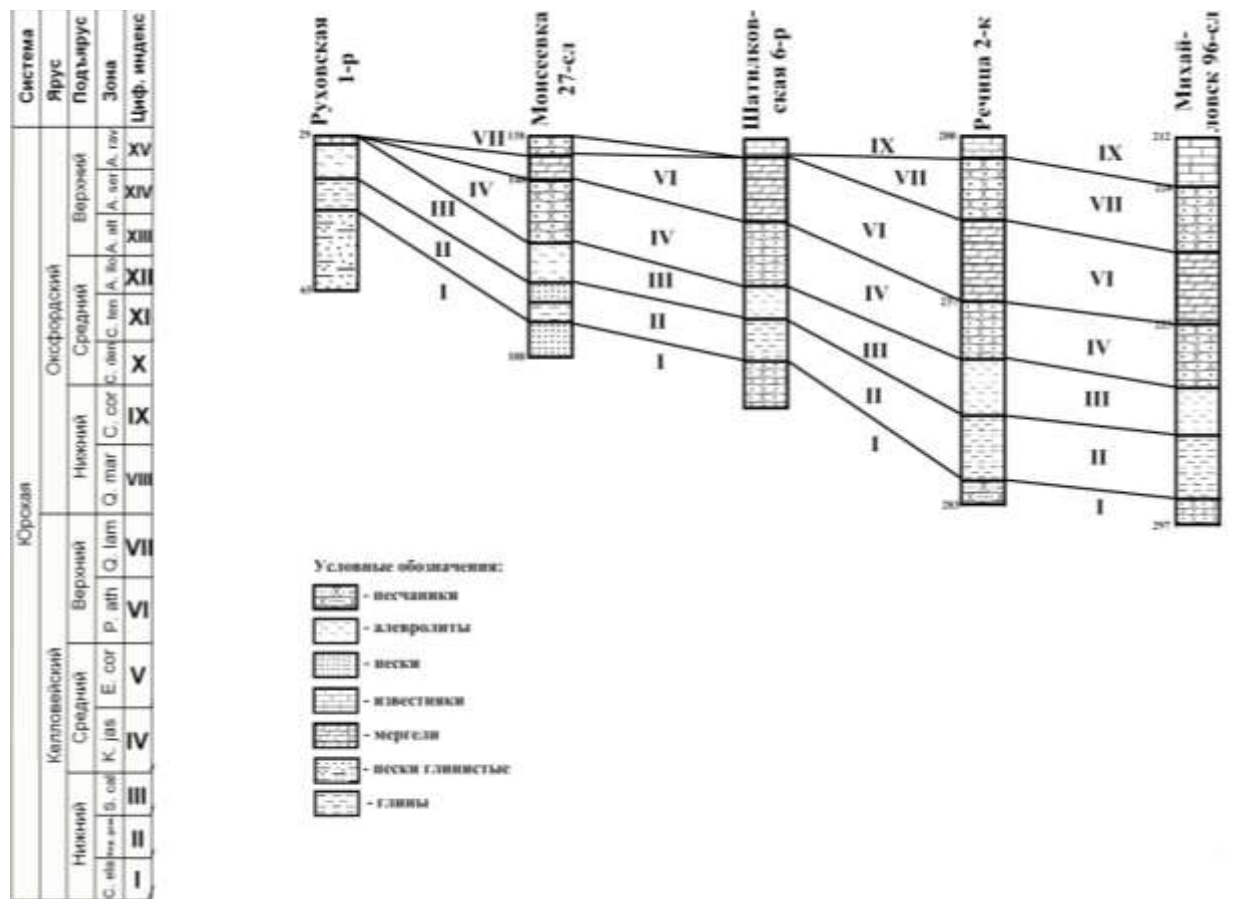


Рис. 1. Корреляция келловей-оксфордских отложений по аммонитовым зонам в пределах северной части Припятского прогиба, с использованием данных С.О. Мамчика [2].

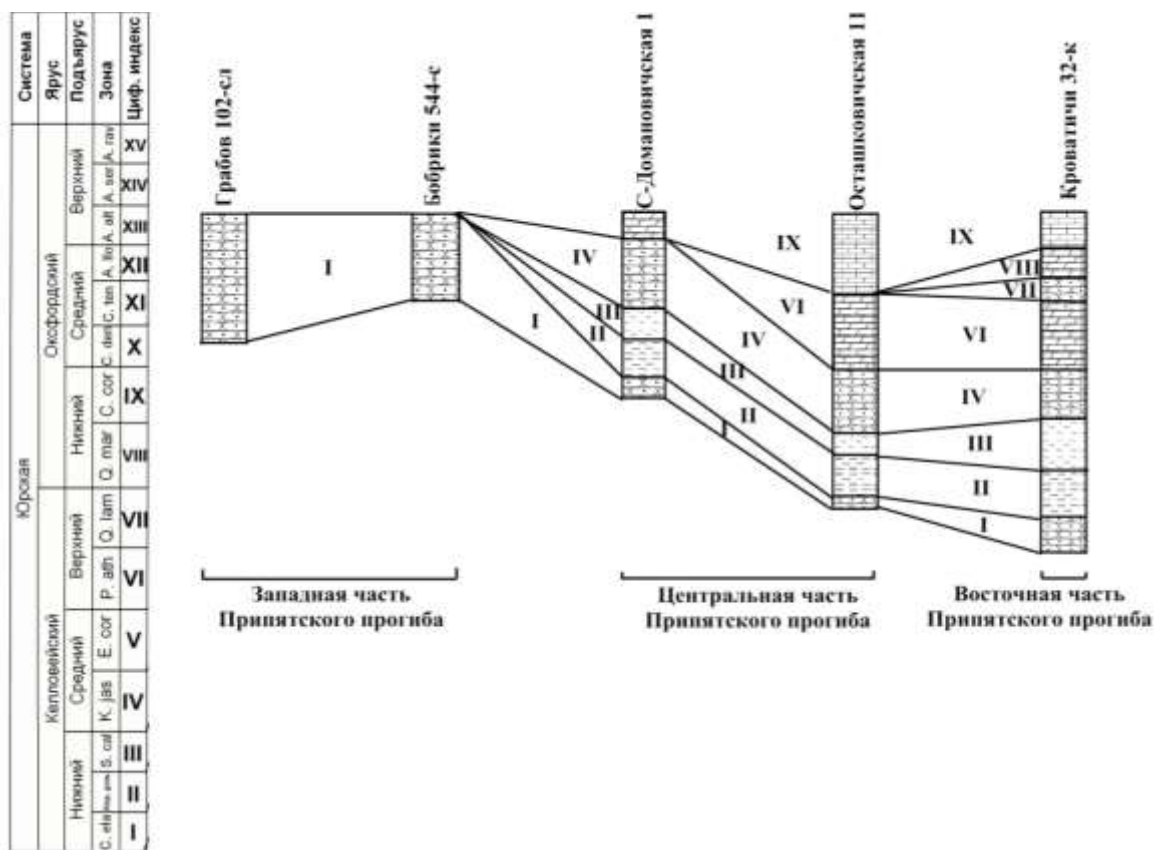


Рис. 2. Корреляция келловей оксфордских отложений по аммонитовым зонам, с использованием данных С.О. Мамчика [2].

1. Каримова Л.А., Клименко З.М. Юрская система // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси / ред. С.А. Кручек [и др.]. Минск, ГП «БелНИГРИ», 2010. С. 142 – 152.
2. Мамчик С.О. Тектоника юрских отложений Беларуси / Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. ИГиГ НАН Беларуси. Минск, 2005. 20 с.
3. Махнач В.В. Аммоноидеи келловей-оксфордского времени Беларуси // Природные ресурсы Межведомственный бюллетень. 2013. № 1. С. 57–65.

О. М. Москалев, Д. И. Голушко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

УРАНОНОСНОСТЬ ПОРОД БЕЛОРУССКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Региональные геохимические и радиогеохимические исследования показывают, что породы БКМ характеризуются неравномерным распределением урана от низких фоновых концентраций до высоких, превышающих кларковые содержания до 2-х и более раз.

Анализируя распределение урана в породах различных формаций от архея до верхнего протерозоя, прослеживая его эволюцию от метаморфических образований к ультраметаморфическим и далее, участие его в гидротермально-метасоматических процессах, видим следующее.

Метаморфические образования архея БКМ, представленные двупироксеновыми, роговообманково-пироксеновыми, биотит-роговообманковыми гнейсами, амфиболитами неманской серии, характеризуются выдержанными, вероятно, изначально пониженными содержаниями урана и тория на больших площадях. Среднее содержание урана в них колеблется от $0,1 \times 10^{-4}\%$ до $1,2 \times 10^{-4}\%$ и тория – от $1,4 \times 10^{-4}\%$ до $11 \times 10^{-4}\%$.

Породы неманской серии являются высокометаморфизованными образованиями, соответствующими гранулитовой и высокотемпературной амфиболитовой ступеням метаморфизма, при которых накопленный уран в осадочных породах архея мог почти полностью быть извлечен метаморфогенными растворами. Как уже отмечалось выше, рядом исследователей достаточно убедительно доказывается, что в качестве исходного материала для метаморфических пород неманской серии являлись продукты основного вулканизма спилит-диабазовой формации, характеризующиеся изначально низким содержанием урана. Т.е. сингенетической специализацией на уран метаморфические породы неманской серии не обладали и не могли служить источником урана при последующих наложенных рудоподготовительных процессах.

В отличие от пород неманской серии метаморфические образования околоской серии относятся к комплексам пород, первично обогащенных ураном.

В составе околоской серии больший удельный вес занимают метаморфизованные терригенно-осадочные образования, в т.ч. грубообломочные, в которых происходило сингенетическое накопление урана.

Околоская серия представлена перемежающейся толщей метадацитов и метабазальтов – амфиболитов, роговообманково-биотитовых и биотитовых плагиогнейсов, метаалевролитов и метапесчаников – двуслюдяных и биотитовых, кварцсодержащих гнейсов, филлитов, единичных пластов метаконгломератов и силикатно-магнетитовых кварцитов, метаморфизованных не выше амфиболитовой ступени метаморфизма. Содержание урана в породах околоской серии варьирует от $0,9 \times 10^{-4}\%$ до $2,6 \times 10^{-4}\%$, а в отдельных разностях достигает $3,5-4,1 \times 10^{-4}\%$ при низких концентрациях тория от $1,5 \times 10^{-4}$ до $10 \times 10^{-4}\%$.

Причем наиболее высокие концентрации урана характерны для метаосадочных терригенных пород – филлитов и метапесчаников, формирование которых подобно породам нижней свиты криворожской серии Украинского кристаллического щита (УКЩ), сопровождалось накоплением урана.

Таким образом, первое значительное сингенетическое накопление урана на БКМ началось в нижнем протерозое в процессе формирования околоской серии, которое предопределило в дальнейшем появление специализированных на уран блоков пород.

Ультраметаморфические образования на БКМ, представленные породами слонимского, голеновского и полонского комплексов, характеризуются неоднородным в целом по комплексам распределением радиоактивных элементов.

Ультраметаморфические образования слонимского комплекса – чарнокиты и эндербиты и голеновского – граниты и мигматиты отличаются крайне низкими концентрациями радиоактивных элементов: содержание урана $0,1-3 \times 10^{-4}\%$, редко больше. Лишь в эпигенетически измененных их разностях отмечается более высокие концентрации; торий во всех случаях не превышает $7,1 \times 10^{-4}\%$.

Совершенно иной характер распределения радиоактивных элементов в ультраметаморфических породах полонского комплекса, сформированных в процессе нижнепротерозойской активизации и имеющих самое широкое распространение по площади БКМ. Породы полонского комплекса в сравнении с породами голеновского и слонимского комплексов архея значительно обогащены как ураном, так и торием с нарастающим эффектом, начиная от миматитов и кончая пегматитами. В диоритах и мигматитах содержание радиоактивных элементов имеют близкие значения: урана – от

$2,1 \times 10^{-4}\%$ до $3,0 \times 10^{-4}\%$ и в мигматитах Гродненской подзоны – $3,4 \times 10^{-4}\%$, тория – от $7,0 \times 10^{-4}\%$ до $16,5 \times 10^{-4}\%$. Граниты по содержанию радиоактивных элементов неоднородны. Одни массивы гранитов имеют отчетливую геохимическую специализацию на радиоактивные элементы, содержание урана в них от $3,5 \times 10^{-4}\%$ до $5,4 \times 10^{-4}\%$ и превышает кларк для кислых пород, при содержании тория от 16,0 до $30,6 \times 10^{-4}$, при этом граниты Бобовнянского массива имеют урановую природу специализации. В других массивах содержание урана не превышает кларк и колеблется от 1,2 до 2,0 и тория - от 11,2 до $21,1 \times 10^{-4}\%$ (Выгоновский, Ново-Ельнинский, Ошмянский, Жуховичский, Гресский массивы) при сравнительно высоком содержании щелочей и соотношений K_2O/Na_2O более 1,2. Подобный характер распределения урана и щелочей – пониженное содержание урана при высоком соотношении калия к натрию и их сумме характерен для крупного массива новотуркских гранитов на Украинском щите, вокруг которого сосредоточены все основные месторождения урана.

Характер распределения радиоактивных элементов в ультраметаморфических образованиях БКМ показывает, что ультраметаморфизм, приведший к формированию пород полонского комплекса, относится к категории основных рудоподготовительных процессов, обусловивших дифференциацию радиоактивных элементов в БКМ.

К магматическим образованиям на БКМ отнесены габбро, габбро-нориты, которых насчитывается от архея до протерозоя пять разновозрастных комплексов, и граниты мостовского комплекса верхнепротерозойской автономной тектоно-магматической активизации.

Содержание радиоактивных элементов в неизменных габбро, габбро-норитах всех возрастных эпох низкое и составляет для урана – $0,4 \times 10^{-4}\%$ и тория – $3 \times 10^{-4}\%$ – $7,5 \times 10^{-4}\%$.

Высоким уровнем содержания радиоактивных элементов отличаются граниты мостовского комплекса. Граниты этого комплекса имеют ясно выраженную тенденцию к ураново-ториевой специализации (таблица).

Таблица Содержание радиоактивных элементов в гранитах Мостовского комплекса

Порода, массив	Кол-во проб	Содержание радиоактивных элементов $n \times 10^{-4}\%$				
		уран	V%	тория	V%	торий/уран
Граниты Мостовского массива	9	3,9	41	41,3	63	10,6
Граниты Выгодского массива	5	3,0	23	64,8	17	8,1
Граниты Октябрьского массива	16	6,0	53	62,7	42	8,3

Т.е. в процессе автономной тектоно-магматической активизации продолжается процесс перераспределения радиоактивных элементов с несколько иным, чем в раннем протерозое, профилем дифференциации.

Гидротермально-метасоматические процессы, проявленные на БКМ, парагенетически связываются с раннепротерозойской и позднепротерозойской эпохами активизации. Процессы метасоматоза здесь в одних случаях создавали предпосылки для выноса урана и тория, в других наоборот происходила их концентрация. К процессам, обуславливавшим значительный вынос урана и тория относятся: окварцевание и пренизация, при которых за небольшим исключением выносилась большая часть рудогенных элементов, в том числе и радиоактивных.

С процессом калиевого и натриевого метасоматоза происходил привнос урана и лишь отчасти тория. Привнос урана установлен в альбититах и альбитизированных породах. В флогопитовых альбитолитах Глинянской зоны концентрации урана $4,5 \times 10^{-4}\%$, тория – $13 \times 10^{-4}\%$. В Аталезской зоне концентрации урана $5,3 \times 10^{-4}\%$, тория – $17 \times 10^{-4}\%$.

В скарнах и скарноидах Слуцкой подзоны также отмечаются повышенные содержания урана и тория.

Таким образом, поведения урана и тория в породах БКМ отражают постепенное усиление (по времени) факторов, способствующих дифференциации урана в различных блоках и тектонических структурах, в пределах которых возможны выявления урановых месторождений.

Анализ характера распределения радиоактивных аномалий в породах БКМ позволяет выделить здесь две эпохи миграции и концентрации урана - раннепротерозойскую и верхнепротерозойскую.

1. Москалев О.М., Карташ Н.К., Даниленко В.В. Перспективы открытия месторождений урана в областях структурно-стратиграфического несогласия // Магілёўскі мерыдьян. Том 14. – Вып. 3–4 (26–27), (2014 – № 3–4 (26–27). – с. 24–28.
2. Москалев О.М., Карташ Н.К. К вопросу экономической целесообразности возобновления поисков радиоактивного сырья на территории Беларуси // Природные ресурсы. — 2012. - № 1. - с. 121–126.
3. Москалев О.М., Мальцев А.М. Карташ Н.К. Геолого-географические аспекты изучения уранового потенциала Припятской впадины // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: Сборник научных статей Второй Международной научно-практической конференции, 27–29 марта 2012 г., МГУ им. А. Кулешова, г. Могилев: в 2 ч. /под ред. И.Н. Шаруха, И.И. Пирожника, И.И. Бариновой. Могилев: МГУ им. А. Кулешова, 2012. – Ч. 1. – с. 81–83.
4. Степанов В.Л. Перспективы выявления месторождений урана в Беларуси /, Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых: к 20-летию ГП «БЕЛГЕО». Минск: БЕЛГЕО, 2010.

О. М. Москалев¹, В. В. Даниленко²¹Гомельский государственный университет, Гомель, Беларусь,²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

О СОСТОЯНИИ ИЗУЧЕННОСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА НА УРАНОВОЕ СЫРЬЕ

Системные специализированные поиски урановых руд на территории крупнейшей тектонической структуры Беларуси – Припятского прогиба, проводились под руководством Кировской экспедиции (г. Киев) в период с 1960 по 1990 гг. Однако, в связи с распадом СССР эти работы были прекращены до настоящего времени. За это время на территории Припятского прогиба, а именно в его западной части проведены поиски буровыми скважинами в масштабе 1:200000 на площади 22000 км²; в масштабе 1:100000 – 6400 км²; в масштабе 1:50000-1:25000 – 3200 км². По имеющимся данным, всего было пробурено около 767 скважин глубиной от 300 до 550 м общим метражом 137428 м, попутно с которых было отобрано 25829 литохимических проб. В специализированных лабораториях, полученные пробы были проанализированы на содержание урана, тория, радия и 30 химических элементов таблицы Д. И. Менделеева. Во всех скважинах проведен радиометрический каротаж. Дополнительно на всей территории исследования по мелким (до 5 м) скважинам общим количеством 1700, было отобрано 4947 атмосферических проб с целью измерения в них радона, углеводородов и гелия; опробованы также водные источники.

В результате многолетних поисковых работ, преимущественно в западной части Припятского прогиба, было выявлено 10 рудопоявлений урана и более 700 радиоактивных аномалий. Урановое оруденение установлено в восьми стратиграфических горизонтах:

- ✓ в базальных слоях воынской серии ($V_1v\check{c}$);
- ✓ в базальных слоях всей девонской толщи (D_{1-3});
- ✓ в надсолевой сланцевой толще (D_3-C_1);
- ✓ в бобринском горизонте нижнего карбона (C_1^B);
- ✓ в тульском горизонте нижнего карбона (C_1^I);
- ✓ в базальных слоях пермско-триасовых отложений (P-T);
- ✓ в среднеюрском горизонте (J_2);
- ✓ в неогеновых отложениях (N).

При этом выявлены следующие важные закономерности (природные компоненты), определяющие процессы рудонакопления и место локализации уранового оруденения:

- ✓ оруденение контролируется палеодолинами речной и озерно-болотной сети;
- ✓ оруденелые пачки пород практически всегда лежат на размытой поверхности предыдущих наиболее древних отложений;
- ✓ оруденение приурочено к базальным литолого-фациальным комплексам пород, обогащенных углефицированной органикой и битумами.

Характер фациального комплекса и его фациальная зональность определяются:

- ✓ палеогеографическими условиями рудообразования (предпочтителен аридный климат);
- ✓ геологическим строением областей сноса и бассейнов осадконакопления;
- ✓ гидродинамическими и гидрохимическими условиями циркуляции кислородных вод.

Отложение урана происходило в зоне контакта окисленных и восстановительных пород (красноцветов и сероцветов).

По всем наиболее рудоперспективным горизонтам составлены литолого-фациальные и прогнозные карты масштаба 1:200000, а на участках детальных поисков – Октябрьско-Малиновском, Болотницком и Лельчицком – 1:50000.

Следует отметить, что в Лельчицком и Октябрьском районах Гомельской области выявлено 9 рудопоявлений (рисунок 1) и более 600 радиоактивных аномалий, образующих Октябрьско-Малиновское, Лельчицкое и Болотницкое рудные поля, в которых урановое оруденение представлено гидрогенным (инфильтрационным) генетическим типом с тремя основными подтипами:

- ✓ экзодиагенетическим (тяготеет к прибортовым частям впадин);
- ✓ пластово-инфильтрационного окисления (локализован в базальных слоях в зонах межпластового окисления);
- ✓ площадного корового и трещинного окисления (приурочен к площадным и линейным корам выветривания).

Некоторые исследователи относят их к месторождениям типа структурно-стратиграфического несогласия.

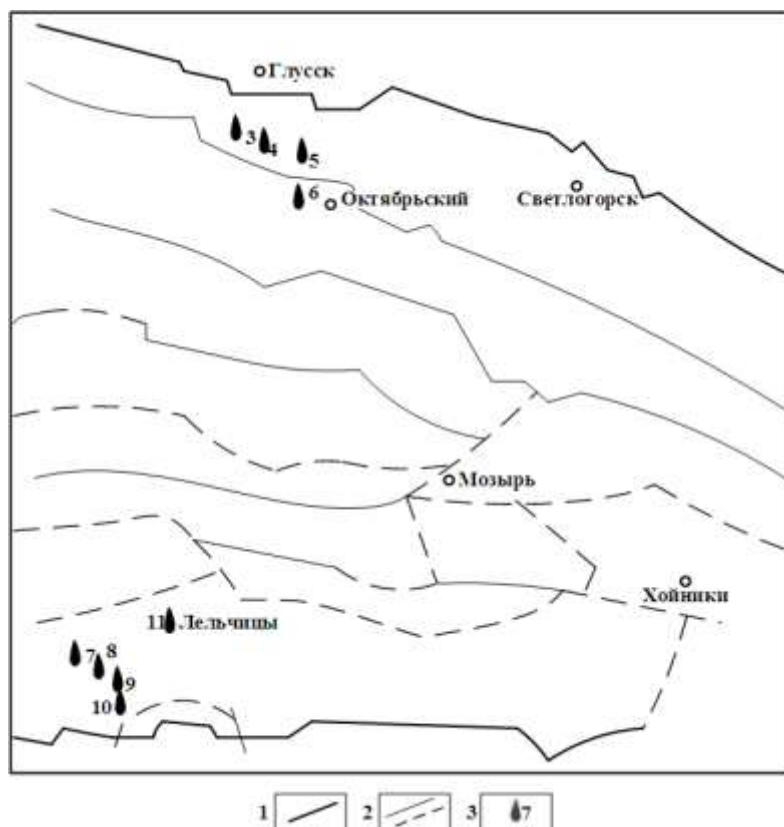


Схема расположения рудопроявлений урана в юго-западной части Припятского прогиба (Масштаб 1:1000000).
Условные обозначения: 1 – разломы, проникающие в чехол и ограничивающие Припятский прогиб; 2 – прочие разломы, проникающие в чехол; 3 - рудопроявления урана (3 – Малиновское; 4 – Заречное; 5 – Журавлиное; 6 - Октябрьское; 7 – Боровое; 8 – Юбилейное; 9 – Калиновское; 10 – Болотницкое; 11 – Лельчицкое).

Согласно минерально-типовой принадлежности, урановое оруденение представлено тремя типами:

- ✓ ураново-битумным с сульфидами;
- ✓ ураново-угольным;
- ✓ ураново-сульфидным.

Попутно с поисками урана на Лельчицкой площади было выявлено 3 месторождения бурого угля, также представляющих промышленный интерес для белорусских геологов: Лельчицкое - каменноугольного возраста (С), Букчанское – среднеюрское (J₂), Тонежское – неогеновое (N), с общими ресурсами 4 млрд. тонн, что дает основание считать Припятский прогиб крупной угольной провинцией.

Путем обобщения результатов, полученных в процессе масштабных геолого-поисковых работ, проведенных Кировской экспедицией, удалось также выделить перспективные на уран площади для постановки буровых поисков 1-ой, 2-ой и 3-ей очереди.

Площади первой очереди занимают 2300 км², второй – 3900 км², третьей – 7000 км². Все они характеризуются многоярусным размещением уранового оруденения.

Выделенных перспективных площадей в западной части Припятского прогиба, заслуживающих постановки поисковых работ достаточно для организации крупной специализированной поисковой партии с обеспеченностью работами до 2030 года.

Актуальность таких работ диктуется необходимостью обеспечения собственным урановым сырьем строящейся БелАЭС и уменьшения энергетической зависимости Беларуси от стран-поставщиков энергетических ресурсов.

1. Москалев О.М., Мальцев А.М., Карташ Н.К. «Геолого-географические аспекты изучения уранового потенциала Припятской впадины», Сборник научных статей «Проблемы устойчивого развития Республики Беларусь и сопредельных стран», Ч.1. Могилев – 2012 г.

2. Москалев О.М., Карташ Н.К. «К вопросу экономической целесообразности возобновления поисков радиоактивного сырья на территории Беларуси», журнал «Природные ресурсы», г. Минск – 2012 г.

3. Самович Д.А., Царук И.И. и др. «Минерально-сырьевая база урана Восточной Сибири», Иркутск – 2012.

Л. И. Мурашко¹, О. В. Мурашко²¹ Белорусский государственный университет, ² ГП «НПЦ по геологии», г. Минск, Беларусь

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА ГЕОСТАНЦИИ «ЗАПАДНАЯ БЕРЕЗИНА»

Многолетние геологические исследования, проводимые на учебном полигоне географической станции БГУ «Западная Березина», позволили изучить литологический состав и условия залегания современных голоценовых отложений, а также установить генетическое разнообразие и фациальные особенности их формирования. Ежегодно на протяжении 15 лет шурфами вскрывались десятки густо расположенных разрезов. На основе их анализа построена геологическая карта голоценовых отложений (рисунок).

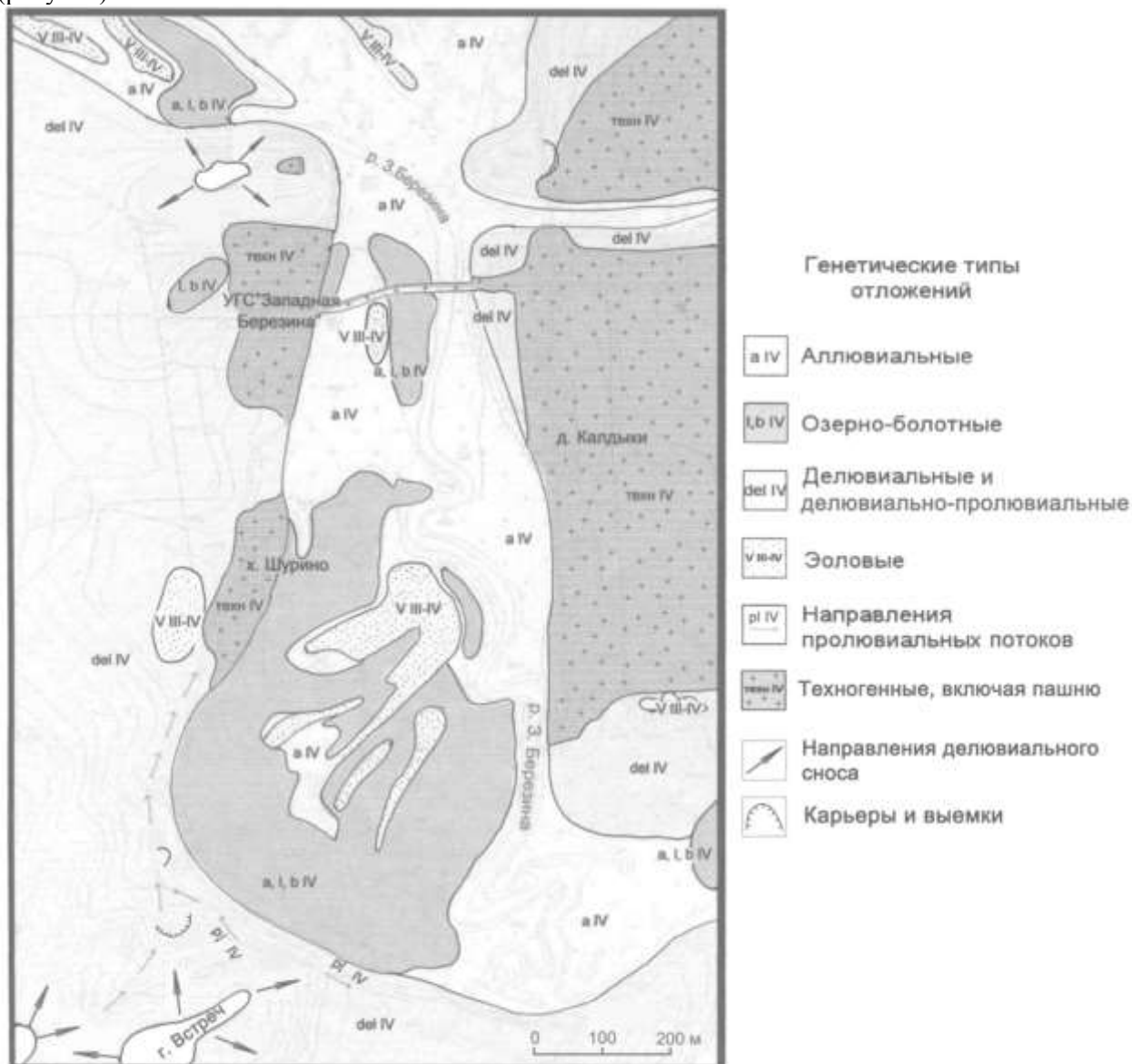


Рисунок. Геологическая карта голоценовых отложений территории Учебной географической станции «Западная Березина»

Современные **аллювиальные** (a IV) отложения формируют пойму и русло Западной Березины. Они изучались на протяжении многих лет (Калицкий, 1993; Учебные практики, 2007). Пойменные разрезы представлены песками, серыми и светло-серыми, мелкозернистыми, хорошо сортированными, иногда с прослоями голубовато-серых алевритов (старичные фации), песков грубозернистых, реже песчано-гравийного материала (фации русла и прирусловых валов). Пески, в основном, кварцевые с включениями полевых шпатов, темноцветных минералов и органического вещества. Прирусловые и русловые фации отличаются повышенными до 1-2% концентрациями тяжелой фракции, в составе

которой доминируют пирит, ильменит, магнетит, циркон; постоянно встречаются рутил, лейкоксен, гранаты, минералы эпидот-цоизитового ряда и в единичных зернах – турмалин, дистен, ставролит, силлиманит, амфиболы, пироксены, монацит. Гравий представлен окатанными обломками гранитов, известняков, доломитов, кварцитов, отдельными зернами кварца и полевых шпатов. В грубом русловом аллювии присутствует большое количество обломков древесины, раздробленные раковины моллюсков и др. Пойменные отложения залегают на аллювии поозерского возраста, реже – на водно-ледниковых песках. Измеренная нами максимальная мощность пойменного аллювия составляет 0,8 м, однако, следует учесть, что не во всех разрезах удалось пройти полную мощность из-за высокого стояния грунтовых вод в пределах пойменной террасы. Ранее эти породы изучались Т. Калищким (1993) и др. (Учебные практики 2007).

Современные **озерно-болотные** (*l, b IV*) отложения слагают наиболее пониженные участки поймы, небольшие замкнутые впадины среди моренных и водно-ледниковых отложений сожского горизонта, днища техногенных водоемов (Саковщинское водохранилище, затопленный карьер у д. Филипинята, пруд, вырытый в противопожарных целях на пойме возле геостанции и др.). Озерно-болотные отложения представлены частым переслаиванием мелко- и тонкозернистых кварцевых песков алевритов, серого цвета, голубовато-серых глин, гиттии, реже торфа.

Формирование **делювиальных и пролювиальных** отложений (*del IV, pl IV*) предопределено высокими перепадами высот рельефа (более 30 м). Высшей точкой учебного полигона является г. Встреч (175,4 м), низшей – пойма Березины (145 м). Делювиальные отложения хорошо развиты на склонах г. Встреч и г. Любви. По своему происхождению они являются продуктами выветривания ледниковых и водно-ледниковых отложений, претерпевшими незначительную транспортировку вниз по склону. Литологический состав отложений весьма непостоянный и находится в прямой зависимости от состава материнских пород, а также положения в рельефе. Делювиальные породы представлены желтыми и рыжевато-желтыми песками и алевритами. Часто в толще хорошо сортированного алеврита отмечаются включения резко диссонирующих по гранулометрическому составу галек, и изредка валунов, попавших в разрез вследствие сальтации или скатывания по склону. В настоящее время склоны холмов закреплены растительностью, накопление делювия приостановлено. Хотя и в начале голоцена он накапливался неравномерно, в несколько этапов, о чем свидетельствуют линзы погребенных почв, наибольшее число которых (три) удалось установить в одном из разрезов на северном склоне г. Встреч. В нескольких разрезах у западного подножия этой горы под делювиальным алевритом на глубине 20 см в линзе погребенной почвы обнаружен ненарушенный прослой древесной золы мощностью 2 см – свидетельство лесного пожара или кострища на стоянке древнего человека. Максимальная мощность делювия у подножия холма превышает 3 м. Пролувиальный шлейф длиной до 500-600 м хорошо прослеживается вдоль дороги, ведущей от г. Встреч до УТС «З. Березина». Его образование не закончено и визуально наблюдается во время ливней. Пролувиальный формирует естественное «дорожное покрытие»: на вершине холма галечник, вниз по склону постепенно переходящий в хорошо сортированный гравий, затем песок грубо-, крупно-, средне-, мелкозернистый, переходящий в алеврит. В районе сочленения склона и долины реки расположены осадки временного водоема с характерным чередованием в разрезе черных органогенных глин и алеврита.

Эоловые образования (*v III-IV*), широко распространены в долине Березины, реже - на участках коренного берега, непосредственно к ней прилегающих. Представлены песками желтыми, полевошпатово-кварцевыми, среднезернистыми, вещественный состав и структурные особенности которых подтверждают эоловый генезис, формирование за счет подстилающих пород, геологический возраст (самый конец плейстоцена – начало голоцена) и позволяют реконструировать палеогеографическую обстановку седиментации (Кухарчик и др., 2013). Максимальная мощность эоловых песков превышает 1,5 м.

Гравитационные осадки неоднократно наблюдалось нами в карьерах по добыче песчано-гравийно-галечных смесей. После катастрофического обрушения в 2005 г. была прекращена эксплуатация западной стенки карьера Криница. В разрабатываемой северной части этого карьера постоянно отмечаются обвалы и оползни. В настоящее время полностью погребены под осыпью стенки карьеров на г. Встреч, на две трети скрыты под осыпью стенки карьеров у д. Филипинята и Долевичи.

Современный **элювий** представлен почвой, развитой под воздействием разнообразных физико-химических и биологических процессов на ледниковых, водно-ледниковых, озерных, аллювиальных, эоловых и других отложениях. Почвы (*p IV*) формировались на протяжении всего голоцена повсеместно, исключая участки, на которых продолжается осадконакопление (например, русло реки). Их литологический состав весьма непостоянный и находится в прямой зависимости от состава материнских пород. Мощность изменяется от нескольких метров до нескольких сантиметров. Наименее развит почвенный покров на эоловых песках.

Техногенные породы в настоящее время явно доминируют на площади учебного полигона. К ним следует относить районы насыпных дорог, застроек, свалки в лесу и карьерах, пашню, где не только нарушено естественное залегание пород, но и изменен их вещественный состав. Даже русло в районе старого разрушенного моста выстелено гвоздями, бревнами, кусками цемента и металлическими конструкциями. Все чаще и чаще вскрывая шурфами разрезы, натываешься на закопанные бутылки со студенческими посланиями и бытовым мусором. Еще несколько лет существования учебного полигона в установившемся режиме, и карта голоценовых отложений будет представлять собой монотонное пятно с единственным геологическим индексом - *техн. IV*. Предлагаем, прежде всего, в экологических целях, консервировать вскрытые разрезы (не закрывать шурфы после каждого описания) на протяжении полевого сезона.

Голоценовые отложения учебного полигона благодаря их разнообразию, доступности и возможности непосредственного наблюдения в процессе формирования являются важным

образовательным объектом и прекрасно иллюстрируют курс геологии для студентов географического факультета БГУ.

1. *Калицкий Т.* Морфология долины Западной Березины в районе Воложина // Доклады АН Беларуси. 1993. Т. 37, № 1. С. 87-90.
2. *Кухарчик Ю.В., Мурашко Л.И.* Эоловые отложения учебного полигона геостанции «Западная Березина». Минск. Вестник БГУ, 2013. С. 65-70.
3. *Мурашко Л.И., Кухарчик Ю.В., Гладкая Т.Н.* Современные геологические процессы на территории учебного полигона УГС «Западная Березина» // Эрозионные и русловые процессы на равнинных территориях. Минск. 2009. С. 203-205.
4. Учебные полевые практики на географической станции «Западная Березина» / Под общ. ред. Р.А. Жмудяка. – Минск, БГУ, 2007. С. 11-39.

УДК 551.781(476)

Л. И. Мурашко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ПАЛЕОГЕНОВОЙ СИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ

С палеогеновой системой Беларуси связан целый ряд полезных ископаемых, многие из которых еще не достаточно освоены и по достоинству оценены.

Бурый уголь. Континентальные отложения страдубского и крупнейского горизонтов составляют нижнюю часть олигоцен-неогеновой буроугольной формации, распространенной в южной части республики. Угленосные отложения выполняют небольшие по площади локальные понижения в кровле морских мел-палеогеновых пород: тектонические депрессии в приразломных зонах, озерно-аллювиальные эрозионные котловины, карстовые и эрозионно-карстовые воронки и западины. В них выявлены три месторождения и несколько десятков углепроявлений (Полезные ископаемые, 2002), большинство из которых сосредоточено на территории Припятского прогиба (Житковичское, Бриневское и Туровское месторождения, Краснослободское, Кузьмичевское, Руховское, Букчанское, Боровское и др. углепроявления) и Подляско-Брестской впадины (углепроявление Рожок, Кобринская, Антопольская, Дрогичинская, Ружанская, Соколовская и Пружанская группы углепроявлений). Отдельные углепроявления обнаружены на территории Микашевичско-Житковичского горста (Дубровское), Бобовнянского выступа Белорусской антеклизы (Греское), Оршанской впадины (Днепровское), северных склонов Украинского кристаллического щита (Глушкевичское).

Тугоплавкие и огнеупорные глины. Глинистая охра. С пестроцветными породами крупнейского горизонта связаны многие месторождения и проявления тугоплавких и огнеупорных глин, а также залежи глинистой охры. *Тугоплавкие* глины распространены широко, *огнеупорные* залегают среди них в виде прослоев различной мощности. Основные площади развития таких глин сосредоточены на территории Полесской (месторождения Столинские Хутора, Городное и др.), Жлобинской и Брагинско-Лоевской (Городок, Крупейский Сад и др.) седловин, где они прослежены среди озерных, реже пойменных и старичных фаций древнего олигоцен-миоценового аллювия. *Глинистая охра* образует линзы и невыдержанные прослои незначительной от 5-10 до 50-80 см мощности среди пестроцветных глин крупнейского горизонта, главным образом на юго-востоке и юге Беларуси (Лельчицкий и Лоевский районы Гомельской области). Запасы ограничены, на месторождении Ляхова Гора (Лоевский район) они оцениваются в 9 тыс. т (охры) и 141 тыс. т (охристых глин). Пригодны для изготовления масляных и клеевых, в том числе и высококачественных художественных красок и эмалей в связи с чем издавна разрабатывается кустарными методами в обнажениях правого берега Днепра возле Соловьева Хутора на территории Брагинско-Лоевской седловины.

Пески кварцевые, стекольные и формовочные. Линзы мономинеральных кварцевых песков приурочены к континентальным отложениям страдубского, а также к регрессивным фациям морских отложений харьковского и киевского горизонтов. Основным исходным материалом для их формирования послужили подстилающие глауконитово-кварцевые пески морского палеогена. Все известные местонахождения стекольных песков приурочены к областям положительных тектонических структур: Брагинско-Лоевской седловине (месторождение Лоевское, Околица), Гремячскому погребенному выступу (Добрушское, Ленино, Черетянка, Высокополье, Лениндар и др.), Полесской седловине (Городное, Бережное, Листянки, Песовая и др.). В природном виде они пригодны для производства бутылок, стеклопрофилита, стеклоблоков, стекловолокна для электротехники, хозяйственной посуды, оконного стекла, строительной плитки, а после обогащения песков методом флотооттирки и получения концентратов могут быть использованы для производства светотехнического стекла, стеклоизделий электронной техники, сортовой посуды (Мурашко, 2014).

Глауконит, фосфориты, янтарь, титан-циркониевые россыпи, каолины. Морские глауконитово-кварцевые пески и алевриты сумского, каневского, бучакского, киевского и харьковского

горизонтов, формирующие обширную минерагеническую провинцию, содержат многие виды полезных ископаемых, которые не образуют самостоятельных месторождений, однако могут представлять практический интерес при условии комплексной разработки. *Глауконит* является основным породообразующим минералом морских отложений. Его содержание колеблется от 5,5 до 19,0 %, среднее – 12,1 %. Наиболее обогащены глауконитом алевроиты киевской, харьковской и каневской свит. Положительные результаты научно-технологических испытаний и разработанная в АН Беларуси экономичная схема обогащения глауконитовых песков, а также неограниченные их запасы подтверждают возможности эффективного использования глауконита в качестве пигмента красителей, сорбента и др. (Мурашко, 1996). *Фосфориты* присутствуют в виде желваков, конкреций и мелких зерен песчаной размерности. В разрезе они распределены крайне неравномерно, в основном приурочены к основанию трансгрессивных циклов сумского, бучакского и особенно киевского горизонтов. Наиболее обогащены фосфатным материалом отложения, залегающие непосредственно на верхнемеловых мергельно-меловых породах, первоисточнике поступления фосфоритов в палеогеновую толщу. Из четырех разведанных в Беларуси месторождений фосфоритов два (Ореховское и Приграничное) относятся непосредственно к киевскому горизонту эоцена. Примечательная особенность палеогеновых фосфоритовых руд – отсутствие фосфоритовой плиты, делает их разработку более привлекательной по сравнению с меловыми породами. *Янтарь* встречается в виде обломков величиной от 0,5-3,0 см, в редких случаях до 5-10 см, в отложениях киевского и харьковского горизонтов, в ареале распространения которых выделено три зоны и несколько перспективных на янтарь площадей: западная (Осиповская, Кобринская и Дрогичинская площади), центральная (Лунинецкая, Житковичско-Случская, Лельчицкая и Заозерная) и восточная (Речицко-Лоевская). Все они приурочены к Балтийско-Днепровской глауконитово-кварцевой янтареносной формации, протягивающейся от Прибалтики (месторождение Янтарное) до Украины (Клесовское). Погребенные прибрежно-морские *россыпи титана и циркония* прослежены в песчаных отложениях бучакского, киевского и харьковского горизонтов (проявления Микашевичское, Житковичское, Кобринское, Ковыжевское, Глушкевичское и др.). Основными носителями цветных металлов являются ильменит, рутил и циркон. *Вторичные каолины* образуют линзы и прослои среди отложений киевского горизонта. Они сформировались в результате перемыва, дифференциации и переотложения элювия кислых кристаллических пород в районах их неглубокого залегания (Микашевичско-Житковичский выступ, Украинский щит). Вторичные каолины, наряду с первичными, входят в состав продуктивной толщи некоторых месторождений и проявлений (Дедовка, Глушкевичи, Селище).

Пресные подземные воды. Морские палеогеновые породы содержат значительные запасы пресных подземных вод в трех крупных артезианских бассейнах Беларуси: Припятском, Брестском и Прибалтийском.

1. Мурашко Л.И. Глауконит в палеогеновых отложениях Беларуси. Мн., "Литосфера", № 4, 1996. С. 111-120.

2. Мурашко Л. И., Мурашко О. В. Геоэкологические аспекты сохранности месторождений полезных ископаемых // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии. Минск, 2014 г. С. 155-157.

Полезные ископаемые Беларуси / Редкол.: П.С. Хомич и др. Мн., 2002. 528 с.

УДК 624.131

В. Г. Мякота

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕДЕЛАХ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ

В последнее время главным видом транспорта по перекачке жидких и газообразных веществ являются магистральные трубопроводы. Возникновение любой внештатной ситуации при их эксплуатации приводит к необратимым последствиям для прилегающих к ним территорий. Следовательно, проблема безопасности их функционирования становится одной важнейшей.

В настоящее время решение данной проблемы развиваются по трем основным научным направлениям: изучение видов риска связанных с состоянием труб магистральных трубопроводов, риск проявления опасных геологических процессов, воздействие магистральных трубопроводов на окружающую среду. Все направления имеют тесную взаимосвязь, так и любое изменение состояния трубы приводит к негативным последствиям рассматривать только одно из них. Проявление опасных инженерно-геологических процессов является одним из видов риска их разрушения, поэтому рассмотрим их более подробно.

В пределах Республики Беларусь проявляются следующие опасные инженерно-геологические процессы: карст, просадочность лёссовых пород, оползневые процессы, агрессивность грунтовых вод. Эти процессы проявляются с различной интенсивностью во всех регионах Беларуси, т.к. с точки зрения инженерно-геологических условий территория Беларуси отличается значительной сложностью.

Карст. Опасность этого вида инженерно-геологического процесса заключается в оседании и проседании земной поверхности и влияющие на безопасное функционирование магистральных трубопроводов.

Оползни. Особенно высока вероятность возникновения осыпей и оползней при переходе магистральных трубопроводов через русла рек и возникновении напряженности на трубопроводах.

Подводные переходы являются одним из критериев опасности для окружающей среды и безопасного функционирования магистральных трубопроводов. В результате функционирования подводных переходов, что в процессе эксплуатации переходов происходит их размыв и всплытие, что является одним из факторов опасности их для окружающей среды.

Просадочность лессовидных отложений. На территории Беларуси лессовидные породы занимают около 10% площади и распространены южнее главного пояса конечных морен, в основном, отдельными участками и островами. Они приурочены к Оршано-Могилёвскому плато, Минской и Новогрудской возвышенностям, которые пересекают магистральные трубопроводы..

Агрессивность грунтовых вод. В пределах Республики Беларусь выделяется 4 геолого-гидрохимические зоны, характеризующиеся определенными закономерностями распространения грунтовых вод с выраженными показателями агрессивности по отношению к бетонным конструкциям. [1].

В таблице представлено процентное соотношение участков трасс магистральных трубопроводов, расположенных в областях проявления опасных геологических процессов.

Широтная ветка нефтепровода «Дружба» почти на всем своем протяжении (60%) пересекает территории с агрессивными грунтовыми водами, которые представлены всеми типами. Наибольшую площадь в пределах трасс занимают области с преобладанием углекислотного типа агрессивности, которая занимает 20% трассы. Агрессивные воды остальных типов получили следующее распространение: карбонатный – 15%, общекислотный – 15%, карбонатный и углекислотный – 6%, карбонатный и общекислотный – 4%. Трубопровод пересекает несколько крупных водных преград реки: Сож, Днепр и Припять (в двух местах), Уборть, Ствига, Горынь, Ясельда, Мухавец в местах пересечения которых возможны проявления оползней и подработка берегов.

В пределах трассы меридиональной ветки нефтепровода «Дружба» процентное отношение агрессивных грунтовых вод с преимущественно карбонатным типом агрессивности занимают около 10%, а карбонатного и углекислотного типа агрессивности – около 8%. Трасса нефтепровода пересекает следующие водные преграды: рр. Бесядь, Проня, Днепр, Западная Двина, Дисна, Ушача, Друйка, Улла, Сож.

Таблица Проявление опасных геологических процессов на трассах трубопроводов в процентном отношении [2], с дополнениями автора

	Опасные геологические процессы, %		
	Карст	Просадочность лессовых пород	Агрессивные подземные воды
Нефтепровод «Дружба»			
Широтная ветка	-	-	60
Меридиональная ветка	23	9	18
Газопроводы			
Торжок-Минск-Ивацевичи	9	26	2
Щорс-Минск-Вильнюс	11	2	8
Ямал-Европа	29	8	3
Витебск-Могилёв	13	10	6
Ивацевичи – Литва	3	9	9

Газопровод Торжок – Минск – Ивацевичи пересекает лессовидные отложения мощностью 2-4 метра в трех местах, мощностью 1-2м в одном месте. Агрессивные подземные воды на трассе газопровода представлены общекислотным, карбонатным и углекислотными типами агрессивности. На своём пути газопровод проходит через несколько водных преград: р.р. Березина, Свислочь, Птичь, Уса, Нёман, Друть, Бобр, Нача, Волма, Уса, Шара (в двух местах).

Трасса магистрального газопровода Щорс – Гомель – Минск – Вильнюс на своем протяжении пересекает территории с распространением лессовидных отложений мощностью 1-2м, которые занимают 2% длины трассы газопровода. В пределах трассы встречаются карстовые проявления, представленные верхнемеловыми отложениями, на которые приходится 11% длины газопровода. На своем пути газопровод пересекает районы с распространением грунтовых вод с преобладающим карбонатным типом агрессивности, несколько водных преград: рр. Сож, Днепр, Ипуть, Березина, Свислочь, Вилия, Птичь, Волма, Исlochь.

В пределах трассы газопровода Ямал – Европа располагаются области распространения лессовидных отложений, занимающих 8% длины трубопровода. Районы областей карстопроявления, представленных верхнемеловыми отторженцами занимают 29% длины. Газопровод пересекает

несколько небольших водных объектов, среди которых наиболее крупные рр. Рось, Нарев, Березина (приток Немана).

На трассе газопровода Витебск – Могилёв лессовидные отложения мощностью 2-4м занимают 10% длины трассы, а участки с распространением карстующихся пород, представленные доломитами франского яруса – 13%. В пределах трассы встречаются области распространения грунтовых вод, обладающих общекислотным, карбонатным и кислотным типами агрессивности. На пути газопровода располагается одна водная преграда – р. Днепр.

Таким образом, наибольшее распространение в пределах трасс получили проявления агрессивных подземных вод, которые встречаются практически в пределах всех трасс магистральных трубопроводов. Лессовые породы получили распространение практически в пределах всех трасс, но их удельный вес незначительный. Что касается карстопроявления, то районы распространения карста встречаются также практически в пределах всех трасс магистральных трубопроводов, однако их удельный вес незначительный.

Надо отметить, что проблема взаимодействия магистральных трубопроводов с агрессивными подземными водами практически не изучена. Приведенная в работе классификация агрессивных подземных вод разработана для бетона, но в то же время агрессивные подземные воды воздействуют и на магистральные трубопроводы, разрушая их гидроизоляцию и активизируя коррозионные процессы

1. Колпашников, Г.А. Агрессивность грунтовых вод Белорусского Полесья // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2004. – № 3. – С. 4–7.

2. Мякота В.Г. Опасные геологические процессы, как критерии геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов Республики Беларусь // Геотехника Беларуси наука и практика. Международная научно-техническая конференция – Минск: БНТУ, 2008 – с.362-373

УДК 550.4:550.424 (476)

М. П. Оношко¹, А. С. Глаз²

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии», Минск, Беларусь

²ГУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Минск, Беларусь

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА ТЕРРИТОРИИ 30-км ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОСТРОВЕЦКОЙ АЭС

Территория 30-км зоны Островецкой АЭС в административном отношении находится в Ошмянском, Островецком, Сморгонском районах Гродненской области, Мядельском районе Минской области, Поставском районе Витебской области и относится к западной провинции лесной зоны. Северная и западная часть территории, а также междуречье Вилии и Ошмянки почти полностью залесены (более 70%) хвойными и смешанными сосново-мелколиственными лесами.

В пределах исследованной территории примерно 50 % общей площади приходится на долю элювиальных ландшафтов, на элювиально-аккумулятивные вместе с аккумулятивными – примерно 7 %.

Район исследований находится в области развития четвертичных отложений, представленных, в большинстве своем, ледниковыми, водно-ледниковыми, аллювиальными, озёрно-ледниковыми и болотными отложениями общей мощностью до 175 м.

По гранулометрическому составу преобладают супесчаные отложения на рыхлых пылевато-песчаных и песчаных супесях, которые занимают около 52 % общей площади. В естественных экосистемах доминируют песчаные отложения, занимающие 58 % их общей площади.

Почвообразующие породы имеют неоднородное строение, достаточно часто встречается двух- или трехчленное строение почвенного профиля. Удельный вес суглинистых и супесчаных почв, имеющих двухчленное строение (супесь-суглинок), весьма высокий и достигает 35 %. Однородное строение почвенного профиля характерно в наибольшей степени для песчаных разновидностей, которые занимают около 34 % площади листа.

Сравнение содержаний химических элементов в покровных отложениях исследованной территории с кларками четвертичных пород Беларуси [1] показало, что концентрации ниобия, меди, бора, никеля, циркония, превышают кларк по Беларуси в 1,4 – 1,9 раза. Особенно значительное превышение кларка у Cr – в 4,1 раза (таблица).

Геохимический индекс исследованных отложений по отношению к кларку четвертичных отложений Беларуси имеет следующее выражение:

$$Yb, Ti, Mn, La, Pb(0,9 - 1,1) \frac{Cr(4,1), Zr(1,9), Ni(1,7), B(1,6), Cu(1,5), Nb(1,4)}{Zn(0,5), Co(0,7), V, Ga(0,8)}$$

Количественная оценка загрязненности территории тяжелыми металлами проведена на основе интегрального показателя Z_c [2]. В оценке использованы три уровня загрязнения: до 4 – низкий; 4,1–

8,0 – средний; 8,1–16,0 – высокий. Все расчеты проводились в пределах выделенных природных ландшафтов, согласно [3]. Всего в пределах исследованной территории выделено и охарактеризовано 12 родов и подродов ландшафтов. Коэффициенты концентраций элементов рассчитывались по фоновым значениям к каждому ландшафту.

Расчеты показали, что по территории исследования преобладает низкий уровень загрязнения. Это территории Национального парка Нарочанский, заказников – Сорочанские озера, Голубые озера, Швакшты, водосборные территории р. Вилии, занятые природными ненарушенными ландшафтами в пределах Островецкого, Ошмянского и Сморгонского районов, массивы у границы с Литвой.

На территории левобережья р. Вилии (Островецкий район) в пределах холмисто-грядовой моренной равнины и отдельных участках Сморгонского района (волнистая моренно-зандровая равнина) уровень загрязнения средний. Среди территорий среднего загрязнения отмечаются небольшие участки, занятые пашней, с высоким уровнем загрязнения.

Среди природных ландшафтов в пределах заповедных территорий также выделены участки с высоким уровнем загрязнения, экологическое состояние которых напряженное. Это распаханые участки в пределах заповедника Сорочанские озера (в районе дд. Буйки, Белая вода, Жукойни, Бол. Туровье) и Национального парка Нарочанский в районе д. Комарово. На этих территориях необходимо проводить периодические наблюдения за уровнем загрязнения.

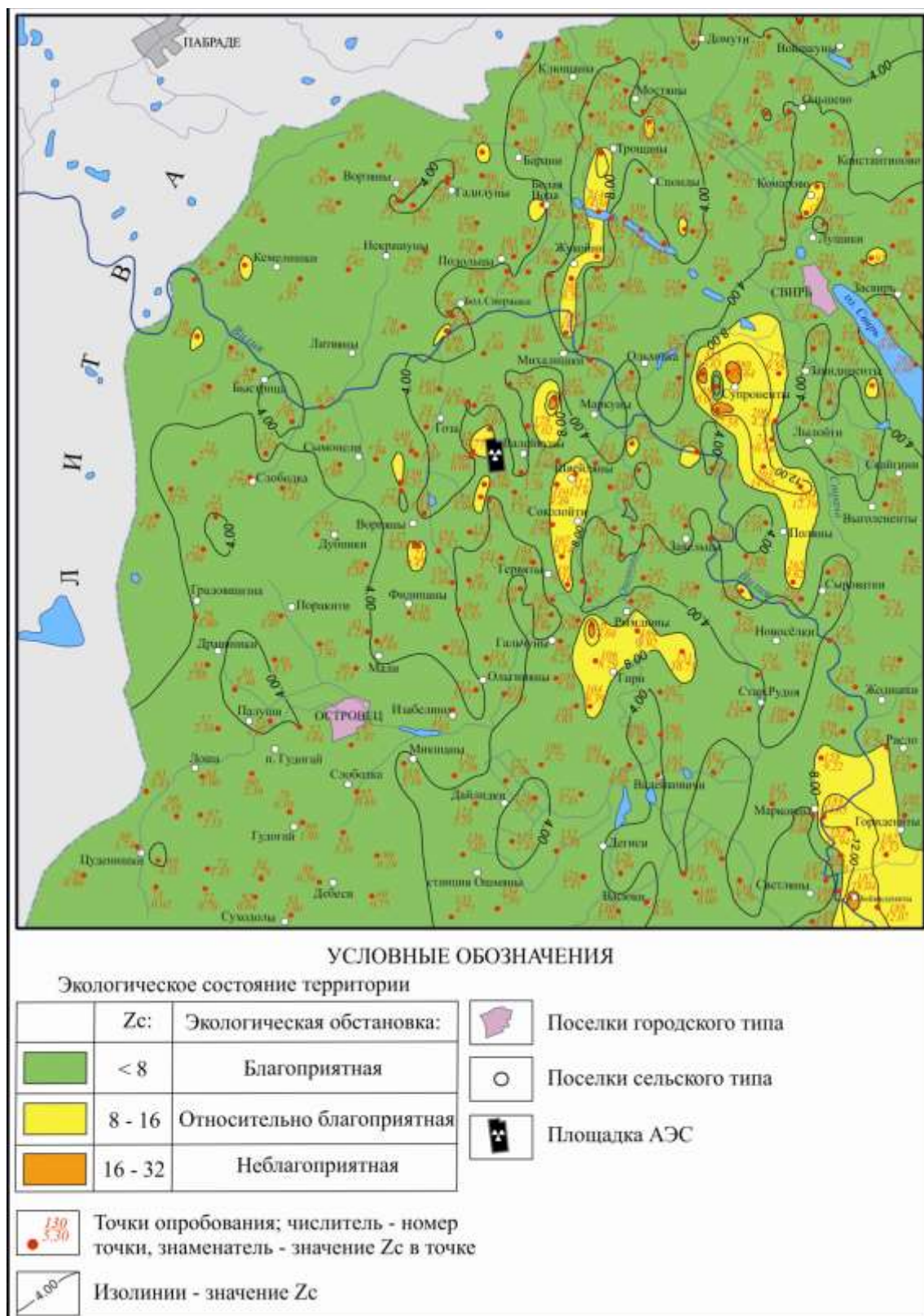
Экологическое состояние изученных участков Ошмянского района удовлетворительное. Здесь преобладает низкий и средний уровень загрязнения покровных отложений.

Исходя из выше изложенного, экологическое состояние опробованной территории можно считать удовлетворительной ($Z_c < 8,0$). Только в тех местах, где уровень загрязнения средний и высокий, экологическое состояние территории относится к напряженной ($Z_c 8-16$). Участков с критическими уровнями $Z_c 16-32$ и выше на изучаемой территории на время исследования не выявлено. Полученные материалы легли в основу эколого-геохимической карты исследованной территории.

Таблица – Химический состав покровных отложений по территории 30-километровой зоны Островецкой АЭС, мг/кг, глубина отбора 0,10–0,15 м

Показа т.	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	Nb	Zn	B	Ga	Y	Yb	La
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
30-км зона в целом																
<i>x</i>	16,82	20,41	5,18	139	22,83	375	1917	349	23,58	8,69	17,14	29,20	13,59	16,07	2,61	31,96
<i>Me</i>	15,82	20,00	5,00	118	19,78	305	1760	300	20,00	7,00	9,99	29,30	11,84	12,72	1,49	30,00
<i>+/-m</i>	0,25	0,31	0,15	3,69	0,61	7,95	45,14	7,48	0,50	0,23	0,57	0,57	0,24	0,40	0,10	0,85
<i>V, %</i>	34,8	34,8	68,2	61,3	61,1	48,8	54,2	49,4	48,8	60,9	76,4	45,0	41,2	56,8	84,4	61,1
<i>Kк*</i>	1,13	1,72	0,66	4,05	0,79	1,02	0,88	1,92	1,46	1,40	0,47	1,58	0,84	1,16	0,93	1,04
<i>n</i>	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
суглинистые отложения																
<i>x</i>	17,45	24,11	7,98	154	35,45	400	2150	378	21,13	10,66	14,34	38,85	15,73	16,05	2,22	29,88
<i>Me</i>	17,44	24,40	8,02	147	35,15	356	2052	345	20,54	9,90	9,87	38,71	14,40	14,43	1,74	29,99
<i>+/-m</i>	0,67	1,03	0,50	10,15	2,24	19,44	87,95	21,18	0,76	0,49	1,13	1,64	0,69	0,78	0,19	1,11
<i>V, %</i>	29,6	33,1	48,2	50,9	49,0	37,7	31,7	43,4	27,7	35,8	60,9	32,8	34,0	37,7	65,8	28,7
<i>Kк</i>	1,17	2,03	1,02	4,42	1,22	1,08	0,99	2,07	1,30	1,72	0,39	2,10	0,97	1,24	0,79	0,97
<i>n</i>	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
супесчаные отложения																
<i>x</i>	16,65	20,87	5,28	134	24,39	367	1924	362	23,44	8,74	16,78	29,22	13,49	15,90	2,47	32,56
<i>Me</i>	15,68	20,00	5,75	120	24,35	317	1745	343	20,00	8,00	9,99	29,48	11,79	13,53	1,48	30,00
<i>+/-m</i>	0,31	0,37	0,20	4,01	0,77	8,53	56,78	9,73	0,61	0,27	0,72	0,71	0,27	0,44	0,11	1,12
<i>V, %</i>	33,3	31,5	65,5	52,4	55,2	40,9	51,9	47,2	46,1	55,1	75,9	42,9	35,5	48,4	76,1	60,6
<i>Kк</i>	1,12	1,75	0,68	3,93	0,84	0,99	0,89	1,99	1,45	1,41	0,46	1,58	0,83	1,23	0,88	1,06
<i>n</i>	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309
песчаные отложения																
<i>x</i>	16,81	18,29	4,01	138	15,96	354	1848	318	23,22	8,06	19,38	25,48	13,17	15,45	2,72	33,17
<i>Me</i>	15,80	17,27	5,00	100	11,83	300	1693	300	20,00	6,85	10,00	22,95	11,55	11,15	1,45	30,00
<i>+/-m</i>	0,53	0,48	0,24	7,88	0,77	16,82	89,98	12,47	0,95	0,48	1,20	0,75	0,51	0,81	0,17	1,79
<i>V, %</i>	38,0	32,1	72,6	69,7	59,0	57,8	59,2	47,7	49,9	72,1	75,2	35,9	46,7	63,7	77,9	65,8
<i>Kк</i>	1,13	1,54	0,51	4,02	0,55	0,96	0,85	1,75	1,43	1,30	0,53	1,38	0,81	1,20	0,97	1,08
<i>n</i>	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
отложения торфа																
<i>x</i>	18,81	12,66	3,53	65,22	10,22	609	539	166	35,17	1,92	11,34	19,40	6,00	10,44	2,56	14,12
<i>Me</i>	17,16	12,28	3,00	24,96	6,74	520	700	100	30,00	1,16	8,56	20,00	5,00	10,00	3,00	11,76
<i>+/-m</i>	2,73	1,33	0,82	23,50	2,98	104	94,65	49,30	6,42	0,62	4,36	2,31	0,75	1,38	0,52	4,01
<i>V, %</i>	50,3	36,5	80,3	125	101	59,4	60,8	103	63,2	112	133	41,2	43,5	45,9	70,7	98,4
<i>Kк</i>	1,26	1,06	0,45	1,91	0,35	1,65	0,25	0,91	2,17	0,31	0,31	1,05	0,37	0,81	0,91	0,46
<i>n</i>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Примечание: * – K_k рассчитан по отношению к кларку четвертичных пород Беларуси по данным [1]



Эколого-геохимическая карта 30-километровой зоны Островецкой АЭС

1. Матвеев, А.В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А.В. Матвеев, В.Е. Бордон. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 191 с.
2. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами /Под ред. Ю.Е.Сага. – М., 1982. 112 с.
3. Ландшафты Беларуси/Т.И. Марцинкевич, Н.К. Клицунова, Г.Т. Хараничева и др. – Мн., 1989. 239 с.

А. И. Павловский¹, А. Н. Галкин²

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины¹,
Витебский государственный университет имени П.М. Машерова², Витебск, Беларусь*

ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЯ

При городском и промышленном строительстве, возведении дорог и плотин, разработке полезных ископаемых огромные массы горных пород дробятся, разрыхляются, смешиваются, переносятся на новое место и укладываются в отвалы, терриконы, насыпи, образуя техногенные или искусственные грунты. К ним относятся также отвалы отходов, образующихся при химическом производстве и других видах переработки минерального сырья. Состав и свойства техногенных грунтов зависят, главным образом, от геологического строения территории, характера взаимодействия технических средств и горных пород, технологии процессов переработки и многих других факторов.

Техногенные грунты распространены преимущественно в населенных пунктах или вблизи них, и, как правило, в малой степени зависят от обычных геологических факторов, что весьма затрудняет их картирование, особенно в мелких масштабах.

Процесс формирования и накопления техногенных грунтов с наибольшей интенсивностью происходит в крупных городах и промышленных центрах. Объем техногенных отложений значителен и постоянно возрастает. К началу XXI в. мировой объем всех разновидностей техногенных осадков достиг 1500 млрд м³ [Передельский, 2009]. Не является исключением и территория Гомеля – крупного промышленного города (второго по численности населения в стране), областного центра, расположенного в месте слияния рек Сож и Ипуть. По региональной оценке, выполненной А.В. Матвеевым и Э.А. Левковым (1986), техногенные образования в промышленно развитых районах Беларуси встречаются повсеместно, в общей площади территории страны они занимают около 5%, а их объем составляет в среднем 12 тыс м³/км² [Матвеев, 1990].

На территории Гомеля распространены следующие виды техногенных грунтов: 1) природные образования, измененные в условиях естественного залегания; 2) природные образования, перемещенные с мест естественного залегания; 3) антропогенные образования [Грунтоведение, 2005].

К *природным образованиям, измененным в местах естественного залегания*, относятся горные породы, подвергшиеся физическому, физико-химическому, химическому, биологическому воздействиям в процессе хозяйственной деятельности человека. Техногенно-измененными являются все отложения, расположенные в зоне промышленного и гражданского строительства, поскольку при подготовке площадок и при последующей эксплуатации зданий и сооружений они испытывают уплотнение, цементацию, битумизацию, обводнение и др. На территории Гомеля техногенно-измененные горные породы занимают более 35% всей площади городской территории – это площади, отведенные под жилую и производственную застройку. При этом следует отметить, что площадь застроенных земель в городе постоянно увеличивается. Так, согласно новому Генеральному плану развития Гомеля, под жилищное строительство к 2020 г. планируется освоить 1767 га сопредельных земель и земель в существующей городской черте, а к 2030 г. еще дополнительно 800 га.

Природные образования, перемещенные с мест естественного залегания, – это насыпные и намывные грунты. К насыпным относятся грунты дорожных насыпей, различных земляных подушек в основаниях фундаментов, отсыпок в отрицательных формах рельефа (болота, ручьи, овраги). Намывные грунты образуются при использовании средств гидромеханизации.

Распространение отложений дорожных насыпей увеличивается с развитием транспортной инфраструктуры города. В настоящее время общая протяженность улиц в Гомеле составляет 478,4 км, причем 2/3 из них приходится на магистральные улицы и дороги. Средняя плотность дорожной сети в пределах городской застройки составляет 1,46 км/км². Увеличение объема насыпных грунтов будет происходить и в дальнейшем в связи со строительством новых объектов транспортной инфраструктуры: путепроводов через железнодорожные линии, магистралей, дублирующих наиболее напряженные участки дорог и др.

Насыпные грунты, используемые как земляные подушки в основаниях фундаментов, распространены на отдельных участках надпойменных террас и поймы Сожа, характеризующихся наличием в геологическом разрезе слабых заторфованных грунтов.

Отложения засыпанных отрицательных форм рельефа занимают на территории Гомеля значительные площади. Засыпка болот, ручьев началась еще в XIX в. и было это связано главным образом с прокладкой железных дорог. Так, А.Ф. Рогалев [Рогалев, 1993] отмечает, что прокладка Либаво-Роменской железной дороги (1873 г.) осуществлялась по низинной, болотистой местности, существовавшей в городе на протяжении более 18 веков. Болотный массив до строительства «был густо покрыт кустарником, камышом и осокой, растительность отличалась обильностью». Возведение насыпей и дамб, дренаж существенно изменили ландшафт болотного массива. В последующие годы болото было окончательно засыпано.

Отсыпные грунты распространены также на склонах надпойменных террас Сожа, осложненных эрозионными формами: Мильчанская канава в районе микрорайона «Давыдовка», овраг в районе ул. Братьев Лизюковых, овраг в районе ул. Жукова и др.

Не менее широко распространены намывные грунты. Наибольшим развитием они пользуются в северо-восточной и южной части города в пределах поймы и первой надпойменной террасы Сожа, где ими сформированы крупные массивы для подготовки территории под строительство жилых районов. Эти массивы создавались еще в 1970-х годах. Для намыва использовались русловые аллювиальные пески, обладающие хорошей водоотдачей и легко разрабатываемые гидромеханизацией.

К *антропогенным грунтам* относятся промышленные и коммунальные отходы. Их ежегодное образование в городе оценивается в более чем в 975 тыс. тонн, из которых около 565 тыс. тонн приходится на фосфогипс – отходы производства ОАО «Гомельский химический завод», и более 180 тыс. тонн на коммунальные отходы потребления. Объем образования последних имеет устойчивую тенденцию к росту. При этом более 60% твердых коммунальных отходов вывозится от жилищного фонда. Все они размещаются на специально организованных полигонах, хранилищах, свалках.

Рассматривая антропогенные грунты следует сказать и об отложениях культурного слоя. Образование этих грунтов является результатом стихийного накопления в разнообразных пропорциях различных отложений, в том числе и уже существенно измененных, технологических, строительных и бытовых отходов, а также их последующего преобразования во времени. Подобные отложения наиболее распространены в центральной части Гомеля, где их накопление шло довольно длительное время – более 800 лет. Эти грунты имеют своеобразный, весьма неоднородный состав, обусловленный наличием большого количества различных включений в виде остатков деревянных, каменных, бетонных и других конструкций, накопления насыпных грунтов, содержащих элементы материальной культуры, сформировавшихся в результате многочисленных перепланировок и перестроек на территории города.

В целом антропогенные отложения относят к наиболее сложным и неблагоприятным для строительства типам геологических образований. Можно выделить следующие специфические особенности антропогенных грунтов, определяющие их низкую инженерно-геологическую оценку: 1) неоднородность по составу и неравномерная сжимаемость; 2) возможность самоуплотнения от собственного веса; 3) повышенное содержание органического вещества и связанный с этим риск образования токсичных газов (например, метана); 4) распад, разложение и другие физико-химические преобразования.

В заключение следует отметить, что распространение, состав и свойства техногенных грунтов на территории Гомеля требуют дальнейшего тщательного изучения специалистами разного профиля на основе детальной инженерно-геологической съемки.

1. Грунтоведение / Под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024 с.
2. Матвеев А.В. История формирования рельефа Белоруссии. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 144 с.
3. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Инженерная геология. Ростов на Дону: Феникс, 2009. 456 с.
4. Рогалев А.Ф. От Гомеюка до Гомеля. Гомель, 1993. 214 с.

Н. С. Петрова

1 – Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

КАЛИЙНЫЙ РУДОГЕНЕЗ ХЛОРИДНОГО ТИПА В ПРИПЯТСКОМ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНОМ РИФТЕ: ПРОЦЕССЫ И МЕХАНИЗМЫ

Рудогенез – это всего лишь весьма специфичная аномалия (по концентрированию полезного компонента) в развитии глобальных геологических процессов формирования и преобразования пород

Разработана генетически ориентированная типизация калиеобразующих и калиеконтролирующих процессов и механизмов для внутриконтинентального Припятского палеорифта деструктивно-дивергентного геодинамического режима на основе структурно-вещественной иерархии с использованием микрофациального метода и критериальной оценки структурно-текстурных особенностей пород высоких стадий галогенеза. Внутриплитная рифтогенная геодинамическая обстановка характеризуется специфическими проявлениями эндо- и экзопроцессов, что должно обуславливать минерагеническую специализацию и степень калийной продуктивности Припятского бассейна. И хотя рифт является скорее структурой разрушения, чем созидания, солеродные бассейны, заполнявшие внутриконтинентальный Припятский палеорифт по площади распространения, а также по мощности сформировавшихся в них соляных толщ сопоставимы с галогенными формациями передовых прогибов.

Конкретная геодинамическая обстановка бассейна предопределила характер осадочного выполнения депрессионной палеоструктуры – проявление и взаимоотношение всех седиментационных и более поздних

процессов. Резкая изменчивость отложений вкрест простирания структур часто сопровождается в приподнятых зонах размывом отложений и наличием перерывов и несогласий, а в соседних зонах прогибания отмечается согласное залегание и непрерывность разреза. Это важно учитывать при оценке продуктивности калийных залежей различных гиперсоляных ассоциаций.

Главная часть осадочного цикла, протекающая в условиях открытой физико-химической системы, осложнена проявлениями гидротермальной деятельности и вулканизма в самом широком диапазоне континентально-озерных и морских обстановок. Роль вулканизма до сих пор количественно не оценена в формировании калиеносных отложений. Тем не менее, по всему разрезу наблюдаются твердые продукты вулканической деятельности (выявлены на 12 уровнях) и в каменной соли, и среди так называемого «нормального» терригенного материала (камуфлированная пирокластика). Эксгалиационные эффекты и их роль в гидрохимическом балансе не оцениваются.

Характер кластогенного материала чаще всего представлен рециклитами, хотя отмечаются и незрелые продукты, сформированные за счет разрушающихся магматических и метаморфических пород. «Клавишная» система способствовала переотложению осадков внутри бассейна (проградация припятских блоков). Происходило последовательный сброс осадков с выступов и наступление кластических отложений. Формируются проницаемые пороги, через которые проникают водные массы, в том числе, и через вулканогенный порог Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). За счет центростремительной проградации периферии образуется «мешок струживания», который поглощает все новые отложения. Перемещение материала, его истирание и переотложение происходило в субаквальной среде с формированием пастообразных потоков. Перепад высот, необходимый для гравитационных перемещений осадочных масс, существовал на месте крупных разломов с большими амплитудами. Поэтому, нередко, осадочное вещество скапливалось у основания склонов, возникающих «подводных хребтов», что фиксируется на картах распределения нерастворимого остатка в калийных горизонтах. Большая латеральная протяженность близких по составу отложений может свидетельствовать о значительной мощности водной массы. Наиболее глубоководные отложения представлены тонкослоистыми до ламинарных породами. По всей видимости, породы с ламинарными структурами переслаиваются с турбидитами и отложениями других потоков.

В связи с особенностями структурной приуроченности соленосных формаций к интенсивно погружавшемуся внутриконтинентальному рифту, значительно меняющимися размерами солеродных бассейнов и большими мощностями формаций, а также разнообразием литонаборов слагающих их пород, возникает вопрос о глубине бассейнов и компенсационности их осадочного выполнения. Внутриконтинентальные структуры характеризуются значительными изменениями амплитуд их погружения, как и глубин бассейнов. Изменения глубин можно связывать с прерывистостью погружения дизъюнктивных структур.

Самыми спорными и практически наиболее важными среди проблем галогенеза являются вопросы седиментации и стратификации калийных и калийно-магниевого залежей, последовательности их отложения. Морфология залежей, разделение солеродных бассейнов на этой стадии на серии небольших остаточных водоемов свидетельствуют о небольших глубинах. Первичность структур легко растворимых соляных пород невозможно отождествлять с первичностью источника вещества. Первичные структурно-текстурные особенности характеризуют лишь условия кристаллизации солей.

Определяющие геохимические особенности соленосных средневерхнефаменских отложений Припятского палеорифта сформировались на седиментационном этапе. Саморазвивавшийся осадочный бассейн регулировал распределение в своих пределах разнофациального комплекса осадков, подчеркивая строгую физико-химическую закономерность. Сложный осадочный процесс в седиментационных ваннах этой структуры основан на интеграции различных механизмов. Наличие легкорастворимых солей приводит к быстрой реакции осадочного процесса на все самые незначительные нюансы изменения палеогеоморфологии дна, гидродинамики бассейна, климата и т.д. По этой же причине в значительной мере на изменение направленной последовательности фациальных комплексов и появление перерывов в осадконакоплении могут оказывать тектонические явления [2,3].

Для средневерхнефаменского калийного рудогенеза рассмотрены две основные гиперсоляные ассоциации: красноцветная и пестроцветная и отмечено сочетание этих типов в полно развитых разрезах (пестроцветно-красноцветная). Оценка характера калийного рудогенеза основана на результатах исследований по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям пород с выделением роли постседиментационных процессов, влияющих на изменчивость состава и строения калиеносных отложений (процессы осветления, обесцвечивания, укрупнения зерен, флюидалность). Хотя расслоение, грануляция, динамокластические структуры и флюидалные текстуры, некоторые другие явления относятся к тем литологическим признакам деформационного свойства, которые встречаются в любой соляной породе (каменная соль, сильвинит, карналлитовая) независимо от глубины их залегания и имеют локальное площадное развитие.

Выделены рациональный комплекс показателей для оценки особенностей калийного рудогенеза и три группы минералого-петрографических признаков, характеризующих постседиментационные процессы. Первая группа признаков складывается из наблюдений над структурными взаимоотношениями минералов – первичных, сохраняющихся в виде реликтов, и новообразованных, формирующихся на месте первых. Эти признаки устанавливаются непосредственно в калийных слоях и прослеживаются по латерали от современных депрессионных частей к палеоподнятиям. Особенно ярко этот эффект наблюдается в процессе замещения сильвина галитом, изменяясь по масштабам и времени проявления. Вторая группа признаков связана с

формированием метасоматической зональности, проявляющейся в закономерной смене карналлитовых (или смешанных) пород пестрыми сильвинитами, а красных сильвинитов – каменной солью. Эти признаки существенно расширяют представления о размерах областей, затронутых преобразованиями, но в своей классической форме проявляются только в пределах калийной залежи. Третью группу признаков составляют ореолы, которые не всегда явно проявляются в минеральной форме или изменением структурно-текстурных особенностей, а регистрируются изменениями геохимических показателей и, в частности брома.

От карбонатной до хлоридной стадии химическая дифференциация состава предстает в своем рафинированном виде. Необходимость детального сопоставления петрографических особенностей и химического состава пород объясняется тем, что следует различать первичность структурную и вещественную. Так, сильвиниты формируются в обстановке: 1) преимущественно конседиментационного накопления в самом солеродном бассейне на несколько различающихся стадиях пегниогенного процесса (не без последующего влияния постседиментационных агентов или факторов); 2) проникновения в соляные залежи вод из вмещающих соляные толщи пород, агрессивных по отношению к сильвинитам и другим калийным солям.

Калиенакопление рассматривается на уровне сочетания процессов, формирующих красноцветную и пестроцветную гиперсоляные ассоциации. Пространственное развитие этих ассоциаций во многом соответствует моделям их формирования, с помощью которых можно объяснить картины распределения калия, хотя роль рудоконтролирующих процессов не всегда была одинаковой. Они включают два основных механизма: возвращение элементов в цикл седиментации и разделение твердых и жидких фаз. Формирование калийных залежей связано с преобразованием состава водносолевой массы в зависимости от кристаллизации солей по растворному, обменному, испарительному циклу сближения объемов (чистый тип разреза, пестроцветная ассоциация), либо от влияния терригенного материала, который поглощая воду, приводил к сближению объемов жидких и твердых фаз (красноцветная ассоциация). М.Г. Валяшко [1] ввел в представления о формировании соленосных отложений понятие «кристаллизация с разделением и без разделения твердых и жидких фаз», которое имеет широкое распространение в физхимии соляных систем. Под этим же углом зрения он рассматривал и процессы переотложения солей в момент их формирования. В калийных горизонтах красноцветной ассоциации широко развиты процессы кристаллизации солей с разделением фаз, которые проходили при несомненном влиянии десцендентных явлений (переотложения). В залежах пестроцветной ассоциации рассмотрена кристаллизация солей в самосадочном бассейне на высоких стадиях осолонения без разделения фаз, при этом возможна первичная совместная кристаллизация карналлита и сильвина. В том и другом случае механизм дренажа рассолов в наиболее погруженные части синклинальных структур является необходимым условием соленакопления. Количество накопленных дренированных, фактически с разделением фаз рассолов, зависит от количества выделившихся твердых фаз. Мощность самого пакета, слоя, горизонта зависит от мощности собранного слоя, способного выделить калийные соли. Скорость осадконакопления зависит от многих факторов и, в том числе, от морфологии и топографии дна бассейна.

Таким образом, во многом геодинамическая обстановка определяла закономерности развития калийного рудогенеза хлоридного типа в Припятском калиеносном бассейне, в том числе, характер, проявление и взаимоотношение всех седиментационных и постседиментационных процессов, основанных на интеграции различных механизмов. Специфика состава калийных залежей обусловлена сочетанием механизмов смешения рассолов, десцендентного и асцендентного возвращения элементов в цикл седиментации и разделения фаз, а на стадиях диагенеза-катагенеза – спецификой постседиментационного развития, включая термодинамометаморфизм при формировании динамофлюидальных структур.

Практическая значимость определяется задачами освоения месторождений калийных солей и необходимостью принятия эффективных решений при разработке и переработке калийных руд, возможностью уточнения технологии ведения геологоразведочных работ на калийные соли, обоснования комплексных мониторинговых исследований на калийных рудниках Беларуси с целью создания на основе многомерных моделей алгоритма оценки управляемых рисков.

1. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. – М.: Изд-во МГУ. 1962. – 397 с.

2. Калийные соли Припятского прогиба. // Р.Г. Гарецкий. Э.А. Высоцкий, В.З. Кислик и др. – Минск: Наука и техника, 1984. – 182с.

3. Петрова Н.С., Высоцкий Э.А. Седиментологические аспекты эволюции эвапоритовых бассейнов Припятского палеорифта // Литосфера, № 8, 1998. – С. 62–67.

Н. С. Петрова¹, Н. Ю. Денисова², М. И. Шакуля²

1 – Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

2 – Государственное предприятие НПП по геологии

СОПРЯЖЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ КАЛИЕНОСНОЙ СУБФОРМАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ПРИПЯТСКОГО ПАЛЕОРИФТА

Особенностью Припятского палеорифта является наличие в основании бассейна коры континентального типа, и развитие осадочного выполнения внутриконтинентальной депрессии

подчинялось закономерностям континентального литогенеза. Осадочное выполнение калиеносной субформации представляет собой интеграцию отложений высокой химической «стерильности» (карбонаты, сульфаты) с осадками монокомпонентного химического состава (легкорастворимые соли) и терригенных пород (глины, алевролиты, песчаники) – переплетение механического, физико-химического и биогенного процессов, на фоне тектоногеофизического развития (геодинамической жизни бассейна).

Формирование структурного плана поверхности средневерхнефаменской соленосной формации определяется тремя факторами: рельефом кристаллического фундамента, соляным тектогенезом и процессами древнего подземного выщелачивания, которые особенно интенсивно проявились вдоль зон разрывных нарушений. Отложения калиеносной субформации входят в деструктивную стадию сосредоточенного растяжения (поздний фран–средний карбон) рифтового подэтапа герцинского этапа развития. Сочетание основной субширотной рифтовой тектонической зональности с наложенной на нее субмеридиональной создает разнообразную гамму тектонических элементов разного порядка. Каждый из этих факторов обуславливает особенности строения калийных залежей и характер калиенасыщенности, и, естественно, впоследствии будет определять и проблемы разработки.

Вертикальные движения по региональным разломам, разграничивающим ступени кристаллического фундамента и подсолевого ложа, привели к образованию крупных приразломных депрессий, имеющих пликативно-дизъюнктивный характер. Занимая высокое положение в разрезе осадочного чехла Припятского прогиба, соленосные отложения при опускании по разломам в большей степени испытывали на себе проявления сжимающих деформаций и в силу своей пластичности образовывали пологие складки. К востоку от Туровско-Малынского разлома отмечено резкое усиление дислоцированности отложений.

На основании специфических особенностей стиля тектонических деформаций выделены районы, играющие значительную роль в оценке потенциальной калиеносности центральной зоны, включая перспективные месторождения и участки. Особенностью проведенных исследований является рассмотрение моделей формирования в центральной зоне прогиба (Внутреннем грабене) двух самостоятельно развивающихся гиперсоляных ассоциаций, реализованных на разных уровнях в одном разрезе калиеносной субформации.

Концепция синхронного отложения различных литофаций в соответствии с рельефом дна находит свое отражение в изменении типов пород в синклинальных зонах и на положительных структурах. По направлению с запада на восток возрастает глинистость разреза, а количество сульфатно-карбонатного материала уменьшается с запада на восток и в синклинальных зонах по сравнению с поднятиями. Уровни развития конгломератов, брекчий и гравеллитов совпадают по простиранию с распространением оолитов, песчаников, алевролитов, слоев сульфатно-карбонатных пород, которые обладают брекчиеподобными текстурами. Наличие конседиментационных брекчий и конгломератов свидетельствует о существовании признаков поднятия, периодов осушения и перерывов, наиболее отчетливо проявляющихся в районе валов, о конседиментационном росте структур.

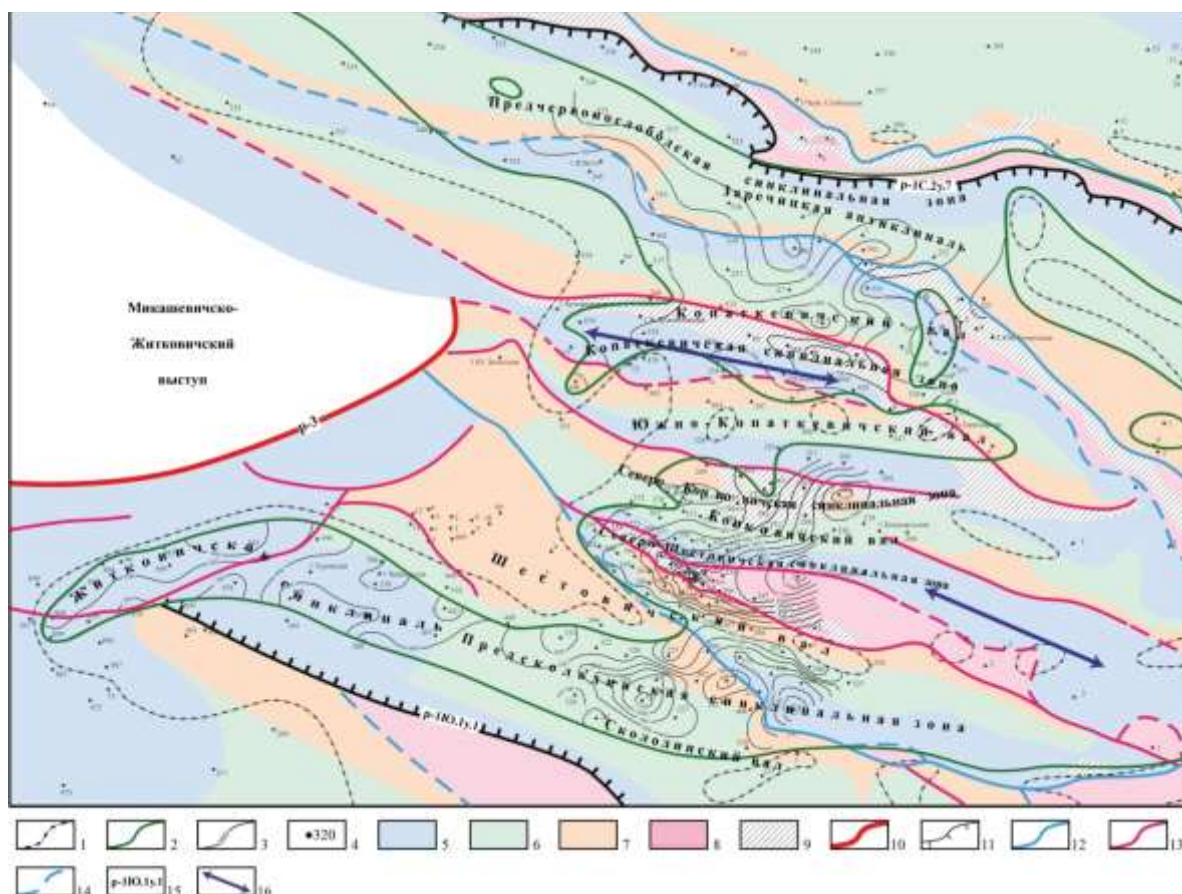
В центральной зоне прогиба широко развиты разрезы калиеносной субформации, представленные ритмопачками I–IV, однако только в депрессионных зонах они отличаются более полным строением. Соленасыщенность разрезов колеблется, составляя в среднем 60–70%. Локальные соляные структуры галитовой субформации контролируют особенности строения разреза калиеносной: в сводах структур развиты нижние ритмопачки, либо формируются «окна» – зоны полного отсутствия калиеносных отложений – местные перерывы в осадконакоплении.

Проведенный палеотектонический анализ показал, что увеличение мощности галитовой и калиеносной субформации в сторону погруженных частей депрессий свидетельствует о конседиментационном формировании последних. Уменьшение амплитуд вверх по разрезу осадочного чехла подтверждает унаследованное развитие разломов, ограничивающие депрессии. Заложение более мелких разломов и активизация перемещения по ним блоков происходили неодновременно. Наиболее благоприятными условиями для соленакпления и формирования залежей калийных солей характеризовались Северо-Шестовичская, Предсколодинская и Житковичская палеосинклинальные зоны (рисунок).

Выполненные реконструкции показали, что основные объемы калийных солей сосредоточены в конседиментационных синклиналях. Границы этих впадин контролировались, как правило, структурообразующими разломами. Анализ строения многочисленных калийных горизонтов показал, что наиболее существенные изменения строения пластов, горизонтов и взаимосвязь состава пород с положением разреза на тектонической структуре происходят в субмеридиональном направлении, т.е. вкрест простирания структур. Однако контуры распространения различных калийных горизонтов в плане не совпадают. При слабой и нечеткой дифференциации рельефа дна бассейна, когда имелись участки, испытывавшие несколько опережающее прогибание, и участки относительно замедленного погружения, калийные соли накапливались повсеместно, т.е. образовывалось сплошное поле седиментации. Неровности рельефа дна определяли характер и темп седиментации – мощность калийных слоев в горизонтах, соотношение сильвина и карналлита в слоях, локализацию зон контрастно высоких содержаний хлористого калия и т.д. Характерно, что в приосевых частях синклинальных структур отмечаются явления разного типа: 1. увеличение мощности горизонта за счет

увеличения мощности галопелитов, 2. увеличение мощности за счет каменной соли.

Что особенно важно при оценке моделей формирования в центральной зоне прогиба двух самостоятельно развивающихся гиперсоляных ассоциаций, сочетающихся в одном разрезе калиеносной субформации и реализованных на разных уровнях ее развития? Если для первого этажа калиеносности характерно развитие залежей красноцветной ассоциации, то для второго – отмечается чередование горизонтов пестроцветной и красноцветной. Для формирования красноцветной гиперсоляной ассоциации характерно влияние процессов переотложения десцендентными водами, которые транспортировали во взвеси и глинисто-карбонатный материал. Кроме того, система разрывных нарушений, связанная с Червонослободским разломом, была заложена и развивалась в период седиментации и, таким образом, воздействовала на процесс накопления солей и контролировала области садки калийных солей. Последнее замечание крайне важно, так как максимальная калиенасыщенность красноцветного горизонта VI-п приурочена именно к этой части территории.



Условные обозначения: границы распространения: 1 – III ритмопачки, 2 – калийного горизонта IV-п; 3 – изогипсы; 4 – скважины на калийные соли; структурные элементы: 5 – подножье, 6 – терраса, 7 – гребень, 8 – приразломный сбросово-блоковый уступ; 9 – зоны и участки отсутствия или резкого уменьшения толщин межсолевых отложений; разломы: 10 – суперрегиональные, 11 – региональные (ограничивающие ареалы (районы), 12 – региональные, 13 – субрегиональные, 14 – по неуверенному материалу; 15 – код разлома; 16 – ось прогиба

Схематическая структурная карта по подошве калийного горизонта IV-п юго-западной части центральной зоны Припятского прогиба (совмещена со схемой структурного районирования межсолевого комплекса)

Петриковское месторождение может служить прекрасным примером зависимости особенностей строения калийных горизонтов от положения на палеоструктуре. Роль конседиментационных движений была весьма существенной в формировании современного структурного плана Петриковского месторождения. На площади месторождения на фоне образования крупных отрицательных и положительных структур второго порядка (Северо-Шестовичская, Северо-Конковичская синклинальные зоны; Конковичский вал) выявляются также структуры более высокого порядка. Характер строения калийных горизонтов в палеодепрессиях и палеоподнятиях различен даже в сопряженных структурах, тем более значительно он меняется в соседних палеосинклиналях.

В пределах Петриковской палеосинклинали, являющейся составной частью Северо-Шестовичской синклинальной зоны, горизонт IV-п имеет полное трехпластовое строение. В приосевых частях палеосинклинали ниже и выше горизонта, а также между основными слоями появляются дополнительные. На Северо-Шестовичском палеоподнятии, составной части Конковичского вала, дополнительные слои отсутствуют, часто замещаясь каменной солью. Мощность основных калийных слоев, также как и

промежуточных слоев каменной соли уменьшается. В верхнем пласте на палеоподнятиях на месте калийных слоев и прослоев чаще всего отмечается вкрапленность сильвина и карналлита. Именно нижние дополнительные слои наиболее полно отражают палеорельеф. Дифференциация рельефа дна бассейна на юго-западе прогиба в районе Петриковского месторождения в период формирования горизонта IV-п не была резкой, так как не наблюдается контрастных аномалийных зон распределения основных компонентов. Итак, строение разрезов различных калийных горизонтов определяется в значительной степени особенностями рельефа дна и тектоническим режимом в период седиментации. В зонах наиболее активного конседиментационного погружения формировались наиболее мощные разрезы, но не всегда в них наблюдается максимальная калиенасыщенность.

Безусловно, установление связи между геодинамической историей бассейна и типами выполняющих калиеносных отложений – первостепенная задача для создания основ рентабельной безопасной эксплуатации месторождений калийных солей.

Н. С. Петрова¹, Н. Ю. Денисова²

1 – Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

2 – Государственное предприятие НПЦ по геологии

ИЗОТОПНЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ СРЕДНЕВЕРХНЕФАМЕНСКОЙ СОЛЕНОСНОЙ ФОРМАЦИИ КРАЕВОЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЗОНЫ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В отличие от ранее проведенных исследований рекогносцировочного характера по исследованию изотопных равновесий в средневерхнефаменской соленосной формации Припятского внутриконтинентального палеорифта, в своей работе мы попытались сосредоточиться на одном из объектов краевой зоны распространения соленосной формации и проследить поведение изотопно-геохимических характеристик в породах надсолевого комплекса и калиеносной субформации в «одной точке» в пределах одной структуры на Краснослободском участке Старобинского месторождения (по kernovому материалу разведочных скважин 71 и 714). Результаты изотопных анализов серы, углерода, кислорода, стронция и рубидия сочетались с литолого-геохимическими исследованиями, имеющими самостоятельное значение. Отобрана коллекция образцов, проведены литолого-геохимические исследования, включая оценку химико-минералогического состава несолёных прослоев, определение ряда микроэлементов, изучение структурно-текстурных особенностей пород в шлифах. Дополнительное исследование системно подобранного каменного материала методами изотопной геохимии, связано с необходимостью уточнить ряд кардинальных вопросов формирования соленосных толщ и их преобразования. Выбор объекта исследования неслучаен, и связан с проблемами ведения горнопроходческих и добычных работ на вновь построенном руднике (5 шахтное поле РУП ПО «Беларуськалий»).

В разрезе надсолевого комплекса подробно исследованы гематитовая, гипсоносная и глинисто-мергелистая подтолщи; а калиеносной субформации – три части: 1) пачки 18-20 (объединены на северо-западе), и к востоку достраиваются новыми соляными слоями с появлением дополнительных калийных горизонтов; 2) пачка 12, включающая мощные пласты терригенных пород (песчаник с градационной слоистостью) и подстилающая наиболее полно развитый (с карналлитовым пластом) III калийный горизонт; 3) переходная зона от галитовой к калиеносной субформации [2].

И хотя мы имели дело с достаточно конденсированной выборкой, изученные нами отложения относятся к различным фаціальным типам и, как показали литолого-геохимические исследования, испытали многообразие постседиментационных преобразований. Сочетание примененных изотопных методов исследований – $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ позволило увидеть сложность механизмов трансформации вещественного и изотопного состава пород на стадиях их литогенетических изменений. Вариации изотопного состава зависят от разных процессов и под этим углом зрения надо относиться к полученным результатам.

Объясняя природу изотопного состава углерода карбонатного вещества глинисто-карбонатных образований калиеносной субформации в краевой зоне развития верхней соленосной толщи, следует иметь в виду несколько источников: начальной карбонатной матрицы с $\delta^{13}\text{C}$ близкой к нулю, углекислоты метеогенного происхождения, а также десцендентных рассолов, участвующих в переотложении осадочного вещества.

Эффект облегчения изотопного состава породы в калиеносной субформации зависит как от перекристаллизации карбонатного вещества (в ряде образцов наблюдаются новообразования кальцита и доломита), так и характера смешивающихся растворов на стадии седиментации. Мелководные карбонаты с начальными положительными значениями $\delta^{13}\text{C}$ даже после их переработки пресными водами укладываются в пределы колебаний, характерных для морских карбонатов девонского периода.

Формирующиеся изотопно-обменные равновесия в условиях субэвральской обстановки не приводили к существенному облегчению $\delta^{13}\text{C}$ относительно морского стандарта. Даже окрашивание пород («пестроцветные интервалы») не сопровождалось изотопным фракционированием. Зоны пестроцветных пород, в основном, не отличаются по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ от сероцветных образований. Инерционность исходного состава наиболее ярко проявляется при небольших постседиментационных изменениях. Облегчение по углероду характерно для образцов, испытавших сульфат-редуцирующие процессы, что подтверждается совместными данными по изотопным характеристикам серы и углерода.

Изотопный состав кислорода в отличие от углерода характеризуется обеднением по сравнению с нормальным морским карбонатным веществом, хотя в основном пределы колебаний $\delta^{18}\text{O}$ укладываются в характерные для карбонатов девона. Снижение $\delta^{18}\text{O}$ колеблется для разных частей соленосного разреза. В окончательном оформлении карбонатной матрицы породы значительную роль играли процессы сульфат-редукции.

Стрешинские слои надсолевой толщи незначительно отличаются от аналогичных по возрасту образований солевой части разреза калиеносной субформации, что позволяет говорить о сочетании процессов выщелачивания и фациального замещения (возможных перерывов в осадконакоплении – периоды «нулевой» седиментации). Другая аргументация возможна для полесских слоев. Об этом говорит резкое облегчение $\delta^{13}\text{C}$ карбонатного вещества как для надсолевой толщи, так и в калиеносной субформации (изученные [1] несоляные прослои калийного горизонта 0-9 и вмещающей его пачки каменной соли относятся к III этажу калиеносности).

Мы можем согласиться с А.А. Махначом [1], что обстановка талассогенных вод с активной сульфат-редукцией дает морские значения $\delta^{18}\text{O}$ и легкие $\delta^{13}\text{C}$. Формирование в зоне пресных вод дает более легкие $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$. Самый сложный вопрос заключается в идентификации последовательности нескольких генераций перекристаллизации осадочного вещества и процессов их обуславливающих.

Полученные нами данные позволяют оценить роль континентального питания и процессов переотложения в формировании средневерхнефаменной соленосной формации. Они убедительно свидетельствуют, что процесс «континентализации» является неотъемлемой частью формирования хлоридно-кальциевой ветви галогенеза. Фациальный контроль глинисто-карбонатных отложений заключается в существовании зависимости $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ от уровня содержания органического вещества (ОВ), солености, привноса континентальных вод и температуры водного тела. Облегчение $\delta^{13}\text{C}$ отражает большее содержание ОВ, обеспечивающее участие легкого органогенного углерода, как в стадию седиментации, так и преобразования пород. Снижение $\delta^{18}\text{O}$ результат формирования осадка в среде воздействия вод континентального стока. Вопрос о температуре формирования следует изучить особо, результаты наших исследований не подтвердили влияния температур на изотопное фракционирование углерода и кислорода. Обсуждаемые изотопные различия в значениях $\delta^{18}\text{O}$ могут быть обусловлены также влиянием глинистой составляющей на степень катагенетической переработки карбонатного вещества. Вполне вероятно, что источником облегчения $\delta^{18}\text{O}$ выступали подземные воды, участвовавшие в переработке осадочного выполнения как надсолевой толщи, так и калиеносной субформации.

Несоляные пачки в пределах калиеносной субформации уместно отнести к циклам, составляющим переходную группу между собственно соляными пачками (нередко с калийными залежами) и обычными морскими образованиями. В идеализированном варианте в направлении древней береговой линии количество солей должно уменьшаться, известняки замещаться доломитами, возрастать количество терригенного материала. Появление обломочного материала обязано близостью береговой линии, а также связано с тектоническими движениями в областях поднятий, прилегающих к бассейну. При этом базальные слои красноцветной и пестроцветной окраски с резким контактом должны лежать на подстилающих слоях, представленных биогермными известняками, и постепенно переходить к слоям, где присутствует сульфат кальция. Фаза оолитов (а также комковато-сгустковых известняков) обычно отвечает трансгрессии моря. Оолитовая фация соответствует крайне мелководным условиям, а появление ангидритов характерно для отчленения от морского бассейна. Глинистые известняки отвечают регрессии, продукты которой отражаются и в форме желваков ангидрита.

Таким образом, подтверждается концепция об интеграционном механизме формирования осадочного вещества в солеродном водоеме внутриконтинентальных палеорифтов. Отлагались ли только карбонаты и сульфат кальция в краевой зоне развития соленосной толщи на уровне современного положения надсолевой толщи и не происходило соленакопления, либо соли были вторично растворены (эпигенетические преобразования) – остается проблемой и предметом будущих исследований. Поинтервальная изолированность разреза надсолевой толщи, основанная на полученных изотопных данных и оценке постседиментационных преобразований разных стадий, свидетельствует о необходимости пересмотра роли подземного выщелачивания и фациальных изменений в формировании гематитовой подтолщи в разных геолого-структурных зонах. Полученные результаты позволяют выдвинуть гипотезу о характере трансгрессивных и регрессивных циклов в отложениях калиеносной субформации в краевой северо-западной зоне Припятского прогиба.

И хотя наша работа сама по себе не имеет стратиграфической направленности, следует отметить, что для хемогенно-терригенных пород как калиеносной субформации, так и надсолевой толщи

отмечается разброс вычисленных значений возраста, который значительно «удревлен» по сравнению с девонским. Во всех трех разрезах – надсолевая толща (скважины 802 и 71) и калиеносная субформация (скважина 71) – в глинистой компоненте мергелей зафиксирована рубидий-стронциевым методом линейная зависимость в координатах $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ [3]. Если ей придавать возрастной смысл, то она отвечает возрасту 460–475 млн. лет (с начальным отношением стронция в пределах 0.7088–0.7095) и заведомо превышает стратиграфический возраст пород (фаменское время – 365–360 млн. лет). Соответствие девонскому возрасту отмечается лишь для аутигенных глин, образованных по пирокластическому материалу. Об этом же говорят и данные калий-аргонового метода. «Удревленная» временная отметка подтверждается по всем частям изученного разреза. Несмотря на достаточную неожиданность этого вывода, мы вынуждены заключить, что, при наличии циркуляции растворов и других постседиментационных изменений, стронциевая изотопная система сохранила некоторую память об источнике сноса и не меняла ее ни при образовании пород, ни в ходе их последующей геологической истории.

Теоретическая и практическая значимость разработки методологических основ комплексного использования результатов как литологических, так и геохимических исследований определяется универсальностью их применения для индикации геологических процессов, участвующих в формировании пород различного типа и генезиса. Результаты исследования могут быть использованы при проведении геологоразведочных работ, прогнозе и поисках полезных ископаемых, дальнейшем развитии научных исследований в области наук о Земле.

1. Махнач А.А., Михайлов Н.Д., Колосов И.Л., Шиманович В.М. Изотопы углерода и кислорода в девонских карбонатных образованиях Беларуси//Институт геологических наук АН Республики Беларусь. Минск. 1994. 94 с.
2. Петрова Н.С., Виноградов В.И., Кулешов В.Н., Буякайте М.И. Изотопно-геохимические особенности девонских отложений Припятского прогиба. Надсолевые отложения фамена// Литология и полезные ископаемые, №1, 2010. – С. 39–55.
3. Буякайте М.И., Виноградов В.И., Петрова Н.С., и др. Rb-Sr и K-Ar изотопные системы верхнедевонских отложений Припятского прогиба Беларуси//Литология и полезные ископаемые, № 4, 2012. – С.333–344.

19УДК 551.583.7:551.79:561

Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУР СТАДИАЛОВ И ИНТЕРСТАДИАЛОВ РАННЕПООЗЕРСКОГО ВРЕМЕНИ

Начальный этап поозерского оледенения представлен чередованием нескольких стадийных похолоданий и межстадийных потеплений. Отложения раннепоозерского времени установлены во многих разрезах верхнего плейстоцена Беларуси, где они надстраивают муравинские межледниковые толщи и позволяют получить представление о характере развития растительности в начале поозерского оледенения. К числу наиболее изученных относятся такие разрезы, как Черный Берег Витебской обл., Карачевщина, Комотово Гродненской обл., Вишневка, Мурава, Кузевичи Минской обл., Чериков, Борхов Могилевской обл., Светлогорск Гомельской обл. и др. В отложениях раннепоозерского времени на территории Беларуси по материалам палеоботанических исследований могут быть уверенно выделены два стадиала и два интерстадиала [Хурсевич и др., 1995; Рылова и др., 2008, 2013 и др.]. Некоторые авторы предлагают более сложное расчленение нижнепоозерских отложений [Еловичева, Санько, 1999 и др.].

Палинологические данные свидетельствуют о том, что в начале поозерского времени (**фаза pz1 *Artemisia* – *Poaceae*–*Betula nana***) получила широкое распространение травянистая и кустарниковая растительность. Среди травянистых преобладали *Artemisia*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*. Кустарниковые породы были представлены *Juniperus communis*, *Betula nana*, *B. humilis*, *Salix* и др. Наиболее благоприятные участки рельефа заселяли древесные породы – *Betula* sect. *Albae*, *Picea*, *Pinus sylvestris*, которые образовывали небольшие группировки. Состав растительности первого стадиала раннепоозерского времени, сопоставляемого со стадиалом Herning (MIS 5d) в Центральной Европе [Behre, Lade, 1986; Behre, 1989; Litt, 1990 и др.], позволяет предполагать распространение на территории Беларуси в это время как лесотундровых и тундровых, местами заболоченных ландшафтов, так и открытых ландшафтов с преимущественно степными ассоциациями. По мнению польских исследователей [Wasilkowa, 1964; Mamakowa, 1989; Granoszewski, 2003] присутствие в составе флоры пыльцы и макроостатков *Betula* sect. *Albae* и *Pinus sylvestris* позволяет предположить, что температура самого теплого месяца была не ниже +12...+13°C. Присутствие макроостатков *Potamogeton pusillus* также показывает, что средняя температура июля была около +13°C. Однако наличие пыльцы *Typha* указывает на более высокую температуру (+14°C), а *Rumex maritimus* L. – +15°C [Tobolski, 1991]. Реконструкция палеотемператур, выполненная нами с применением метода совмещения «климатических ареалов» растений [Гричук и др., 1987], позволила получить следующие диапазоны

летних и зимних температур: $t^{\circ}_{VII} = +12,5^{\circ} \dots +14,5^{\circ}C$ (в среднем $+13,5^{\circ}C$), $t^{\circ}_I = -12^{\circ} \dots -16^{\circ}C$ (в среднем $-14^{\circ}C$).

Фаза pz 2 *Betula – Pinus – Larix* – смешанные березово-сосновые и сосново-березовые леса. В начале фазы основными лесообразующими породами были *Betula pendula* и *B. pubescens*, а позднее – *Pinus sylvestris*. В составе лесов присутствовали *Larix*, *Picea* (*Picea abies* и, возможно, *P. obovata*), *Juniperus*, *Salix*. В это время значительно сократилась роль открытых пространств, занятых травянистой растительностью. Потепление климата, приведшее к широкому распространению лесных формаций, имело интерстадиальный характер. Данный теплый интервал сопоставляется с интерстадиалом Brörup (ИКС 5с) в Западной Европе. Для данной фазы нами получены такие диапазоны палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +12^{\circ} \dots +20^{\circ}C$ (в среднем $16^{\circ}C$), $t^{\circ}_I = 0^{\circ} \dots -16^{\circ}C$ (в среднем $-8^{\circ}C$). Однако, поскольку не исключено участие в составе лесных ассоциаций ели сибирской (*Picea obovata*), то можно допустить, что диапазон палеотемператур мог быть существенно иным: $t^{\circ}_{VII} = +12^{\circ} \dots +18,5^{\circ}C$ (в среднем $15^{\circ}C$), $t^{\circ}_I = -11^{\circ} \dots -16^{\circ}C$ (в среднем $-13,5^{\circ}C$). Характер растительности с преобладанием хвойных пород свидетельствует о том, что территория Беларуси в это время находилась в таежной зоне.

Фаза pz 3 *Artemisia – Poaceae – Betula nana* – открытые безлесные ландшафты с редкими лесными группировками, с участием как тундровых, так и степных элементов. Наиболее широкое развитие получила травянистая (*Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Cichoriaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, в том числе *Thalictrum*) и кустарниковая (*Juniperus communis*, *Betula nana*, *Salix polaris* и др.) растительность. Лишь изредка встречались березовые редколесья, с редким участием *Pinus*, *Picea* и *Larix*, занимавшие наиболее возвышенные участки рельефа. Перигляциальный характер растительности указывает на холодный субарктический климат второго стадиала раннепоозерского времени, коррелируемого со стадиалом Rederstall (ИКС 5b) Западной Европы. По данным польских исследователей, средняя температура января, вероятно, была не выше $0^{\circ}C$, о чем свидетельствуют регулярные находки пыльцы и макроостатков *Betula nana*. Наличие пыльцы и макроостатков *Betula sect. Albae*, а также *Larix* позволяет предполагать, что средняя температура июля была около $+10^{\circ}C$. О потеплении в конце стадиала примерно до $+15^{\circ}C$ в июле свидетельствуют находки в восточной части Польши макроостатков таких таксонов, как *Carex elata*, *Typha* и *Lycopus europaeus* [Granoszewski, 2003]. Выполненная нами реконструкция палеотемператур для этого стадиала позволила получить те же показатели летних и зимних палеотемператур, что и для первого стадиального похолодания раннепоозерского времени. Имеющиеся данные показывают, что в это время существовала перигляциальная растительность, сочетавшая как растительные сообщества открытых степей, так и тундровые ассоциации.

В последующее время (**фаза pz 4 *Pinus – Betula***) на территории Беларуси произрастали смешанные сосново-березовые леса, в которых основными лесообразующими породами были *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*. В подлесочном ярусе произрастал *Juniperus communis*, на увлажненных или заболоченных местах встречались *Betula nana*, *B. humilis*, *Salix*. Выявленные изменения в характере растительности, свидетельствующие о развитии лесных массивов бореального характера, указывают на улучшение климатических условий на протяжении второго интерстадиала раннепоозерского времени, соответствующего интерстадиалу Odderade (ИКС 5a) в Западной Европе. Преобладание *Pinus sylvestris* над древесными видами берез и значительное участие *Larix* и *Picea* позволило предположить повышение температуры июля до $+17^{\circ}C$, а января – не более, чем до $0^{\circ}C$. Для данного интерстадиала нами получены такие же диапазоны летних и зимних температур, как и для первого интерстадиала. Вероятнее всего, в это время территория Беларуси принадлежала к таежной зоне.

О растительности очередной холодной фазы поозерского времени (**pz 5 NAP – *Betula – Pinus***) известно мало, так как соответствующие отложения изучены палинологическим методом лишь в нескольких разрезах. Данная фаза отражает новое сокращение лесных массивов и широкое распространение открытых ландшафтов, занятых травами и кустарниками. Лесные группировки, по-видимому, отсутствовали либо играли очень незначительную роль. Характер растительности указывает на существенное похолодание климата, которое, вероятно, имело место уже в начале пленигляциала.

Таким образом, материалы палинологических исследований нижнепоозерских отложений Беларуси позволяют реконструировать палеотемпературные показатели в соответствии с изменениями характера растительности на территории Беларуси. Имеющиеся данные свидетельствуют о возможности выделения для раннепоозерского времени двух стадиалов и двух интерстадиалов, как и в странах Западной Европы, где рассматриваемому промежутку времени (Early Weichselian) также соответствуют два стадиала (Herning и Rederstall) и два интерстадиала (Brörup и Odderade).

1. Гричук, В.П. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным / Э.М. Зеликсон, О.К. Борисова // Климаты Земли в геологическом прошлом. М. – 1987. – С. 69-77.

2. Еловичева, Я.К. Палиностратиграфия отложений поозерского (вистулианского) оледенения Беларуси / Я.К. Еловичева, А.Ф. Санько // Літасфера. – 1999. – № 10-11. С. 18-28.

Межрегиональная корреляция верхнеприпятских (Upper Wartanian), муравинских (Eemian) и нижнепоозерских (Lower Wistulian) пыльцевых зон Беларуси и Польши / Т.Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2008. – №1 (28). – С. 64-75.

3. Рылова, Т.Б. Растительность и климат территории Беларуси и Польши в позднеприпятское (поздняя одра), муравинское (зем) и раннепоозерское (ранний вистулиан) время / Т.Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2013. – №2 (39). – С. 3-23.

4. Хурсевич, Г.К. Биостратиграфия верхнего плейстоцена по опорным разрезам Юго-Восточной Беларуси / Г.К. Хурсевич, Т.Б. Рылова, С.А. Феденя // Літасфера. – 1995. – № 2. – С. 57–67.
5. Behre, K.-E. Biostratigraphy of the last Glacial Period in Europe / K.-E. Behre // Quaternary Science Reviews. – 1989. – V. 8. – P. 25–44.
6. Behre, K.-E., Lade U. Eine Folge von Eem und 4 Weichsel-Interstadialen in Oerel/Niedersachsen und ihr Vegetationsablauf // Eiszeitalter u. Gegenwart. – 1986, nr 36. – S.11-36.
7. Granoszewski, W. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszk Duze, Eastern Poland: a palaeobotanical study / W. Granoszewski // Acta Palaeobot. – 2003. – Suppl. 4. – P. 1–95.
- Litt, T. Paläoökologie, Paläobotanik und Stratigrafie des Jungquartärs im nordmitteleuropäischen Tiefland / T. Litt // Dissert. Bot. – 227. – 1990 – 185 s.
8. Mamakowa, K. Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland / K. Mamakowa // Acta Palaeobotanica. – 1989. – V. 29., № 1. – 229 p.
9. Tobolski, K. Biostratygrafia i paleoekologia interglacjalu eemskiego i zlodowacenia wisly rejonu koninskiego / K. Tobolski // Przemiany srodowiska geograficznego obszaru Konin-Turek. – Stankowski W. (ed.). – UAM Poznan, 1991. – P. 45–87.
10. Wasylikowa, K. Roślinność i klimat późnego glacialu w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie coło Leczyce / K. Wasylikowa // Biul. Perygl. – 1964. – 13. – S. 261–382.

УДК: 553.07

В. П. Самодуров¹, В. Э. Кутырло¹, В. А. Витовец²

¹Белорусский государственный университет, ²ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь

СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И РИТМИЧНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРВОГО КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ПО ДАННЫМ ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА КЕРНА СКВАЖИН

Введение. Первый калийный горизонт Старобинского месторождения рассматривается как один из возможных объектов будущей отработки забалансовых запасов калийных руд, особенно в пределах шахтного поля 1РУ. Геологоразведочные работы по оценке возможностей и целесообразности отработки первого калийного горизонта (1к.г.) в значительной мере выполнялись методом шахтного бурения, с учетом результатов наземного бурения. Керна шахтного бурения характеризуется наименьшими потерями, и, поэтому, он хорошо подходит для компьютерного анализа цветности цифровых фотографий. Целью данной работы является изучение строения, состава и условий формирования 1к.г. методом цифрового анализа керна скважин.

Методы. Методический подход, примененный для анализа калийных горизонтов, подробно изложен в [Самодуров, 2014]. В основе метода лежит положение о стойком парагенезисе садки гематита с сильвинитом и карналлитом. Гематит (Fe_2O_3) является очень сильным пигментом красного цвета, что обуславливает высокую чувствительность его обнаружения в породе. В результате, распределение гематита в разрезе скважины может быть использовано для уточнения строения калийных горизонтов, определения стадий галогенеза и качества калийных руд. Было показано, что цветность пород может быть представлена в виде диаграмм распределения по разрезу, аналогично другим диаграммам геофизических методов исследований скважин. В отличие от обычных методов скважинной геофизики, цифровые фотографии керна имеют очень высокое разрешение, иногда достигающее 0,008мм/пиксел. Высокое разрешение цифровых фотографий позволяет исследовать многие характеристики пород с большой детальностью, недоступной для других методов. В данной работе использовались два индикатора в цветовом пространстве RGB. Анализ красных оттенков выполнен на основе показателя $R/B - 1$. Этот показатель изменяется от 0 в породах серого цвета и быстро возрастает в насыщенных красных пигментах. Второй показатель – светлота пород $L = (\text{MAX}-\text{MIN})/2$. Здесь MAX и MIN – максимальное и минимальное значение в цветовых каналах R, G, B. Эти два параметра охватывают основные характеристики пород, распространенных в первом калийном горизонте в пределах шахтного поля 1РУ. Глины и мергели характеризуются наименьшей светлотой и малыми значениями показателя $R/B - 1$, так как это породы серого цвета. Каменная соль также порода бесцветная, но светлота каменной соли наивысшая. Сильвинит – порода красного цвета с умеренной светлотой.

Результаты. Первый калийный горизонт широко распространен в центральной части Центрального тектонического блока Старобинского месторождения, на территории которого расположены шахтные поля 1, 2 и 3РУ. В пределах Восточного и Западного тектонических блоков 1к.г. распространен локально. Его южная граница обусловлена постседиментационными процессами выщелачивания калиеносной подтолщи. Северная граница определяется фациальными замещениями сильвинитовых слоев каменной солью. Установленная разведочными работами площадь развития 1к.г. составляет 17,3км² в пределах шахтных полей 1РУ. Структурный план 1к.г. в пределах основной площади развития в Центральном и Восточном тектонических блоках представляет собой синклиналь с редуцированным северным крылом. Горизонт залегает внутри 29 СП. Он перекрывается каменной солью, ритмично переслаивающейся с глинами и глинистыми мергелями, подстилается – каменной солью с тонкими прослойками глины. Отмечается уменьшение полноты разреза горизонта в северном направлении, к границе его замещения. В южной части развития 1к.г., вблизи границы его

выклинивания, горизонт перекрывается породами ГМТ. Мощность покровной соли колеблется от 0 м (скв. 155 и др.) до 54,25 м (скв. 754).

Индекс слоя	Разрез	Пласт
	+++ --- ---	кровля
5	+++	верхний
4-5	+++	
4	+++	
3-4	+++	
3	+++	средний
2-3	+++	
2	+++	
2-1	+++	
1	+++	нижний
	+++	почва

+++	- каменная соль
+++	- сильвинит
---	- глинистые прослои

Рис.1. Индексация слоев 1к.г

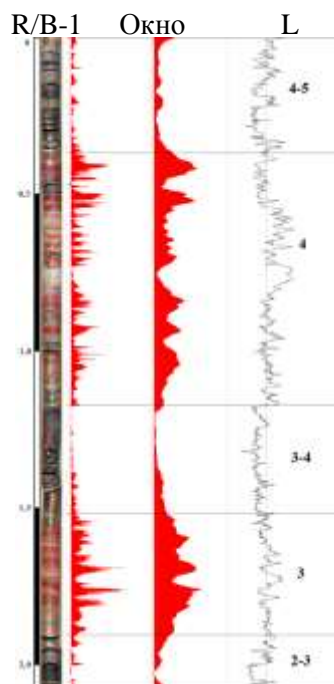


Рис.2. Распределение R/B-1, окно 4см и светлота L в 1к.г.

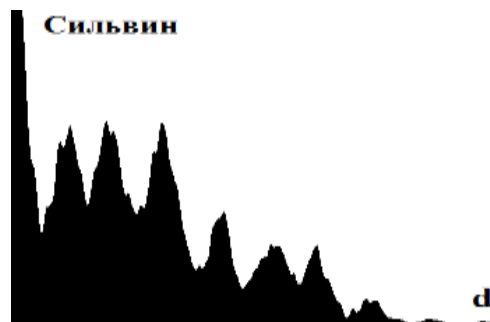


Рис.3. Функция ритмичности сильвинита в 3-м слое.

В пределах Старобинского месторождения 1к.г. имеет трехчленное строение: выделяются нижний и верхний сильвинитовые пласты и разделяющий их глинисто-галитовый пласт (рис.1). Сильвинитовые пласты представлены чередованием слоев сильвинита, каменной соли и галопелитов. Характерная окраска сильвинитов красная, различных тонов и оттенков (от темно-красного до розового). В верхнем пласте сосредоточены три прослоя красных сильвинитов. Менее мощные из них однородны по текстуре. Более мощные прослои характеризуются полосчатой микротекстурой, обусловленной различиями в структуре и составе прослоев.

Структура сильвинитов разнотекстурированная.

Анализ цветности пород 1к.г. выполнен по керну восстающей скважины № 42-1, штрек лавы № 7 горизонта – 200м 1РУ. На рис. 2 приведена часть разреза 1к.г. мощностью 2,1м, включающая слои от 2-3 до 4-5. Разрешение цифрового изображения в процессе анализа составляло 1мм/пиксел, что позволяет выделить все пласты, слои и прослои в составе 1к.г. Обычно мощность отдельных прослоев сильвинита в составе слоев колеблется от 1 до 10см, поэтому оптимальным аппаратным профилем для анализа распределения сильвинита в разрезе скважин является окно шириной 2 – 4см. На рис. 2 представлена диаграмма «Окно», построенная методом скользящего окна. Эта диаграмма является сверткой цветного показателя R/B – 1 с окном шириной 4см. Известно, что метод скользящего окна хорошо выделяет объекты, соразмерные ширине окна, и существенно гасит несоразмерные объекты, что позволяет лучше выявить основные закономерности распределения сильвинита в разрезе и игнорировать структуру и текстуру строения отдельных сильвинитовых прослоев. Существенным преимуществом данного метода изучения литологического разреза является совмещение диаграмм с исходным цветным изображением изучаемого керна, что позволяет выполнять визуальный контроль получаемых результатов.

Представленный на рис. 2 интервал 1к.г. включает 3-й сильвинитовый слой нижнего пласта и 4-й слой верхнего пласта, а также три прослоя: 2-3, 3-4 и 4-5. Все непродуктивные прослои в основном состоят из переслаивания известковистых глин и сингенетической каменной соли. Глины темно-серые имеют массивную или неясно-слоистую текстуру с пониженными значениями светлоты L. Наоборот, каменная соль имеет наибольшую светлоту. Поэтому слои 2-3 и 4-5 характеризуются существенными колебаниями светлоты. Эта ритмичность и биения отражают солёность рассолов и микрофации галогенеза изучаемой эвапоритовой системы. Слой 3-4 мощностью 33,5см почти полностью состоит из глины темно-серой, массивной. Сингенетическая каменная соль отмечается только на нижней и верхней границе этого слоя. Поэтому весь интервал в пределах этого слоя имеет низкую светлоту L. Глинистый слой 3-4 разбит вертикальными трещинами мощностью до 1,5см. Эти трещины выполнены жильным эпигенетическим галитом красных оттенков, что обусловлено привнесением оксидов железа из вмещающих пород. Эффект окрашивания трещинно-жильных эпигенетических солей широко распространен, однако микротекстуры распределения гематита в жильных солях полностью отличаются от текстур сингенетических солей.

Сильвинитовый слой 3 мощностью 38,9см имеет характерное строение. Максимальное содержание сильвина отмечается в его средней части, и спадает к его нижней и верхней границе. На эту общую закономерность накладывается ритмичность соленакопления, выражающаяся в чередовании прослоев каменной соли и сильвинита.

Сильвинитовый слой 4 имеет мощность 80,4см. В середине слоя отмечается прослой каменной

соли мощностью 5,9см, условно разделяющий этот слой на нижнюю и верхнюю части. Наибольшие содержания сильвина приурочены к верхней части слоя 4.

Диаграмма цветности сильвинитов может быть исследована с помощью математических методов. Рассмотрим основные параметры ритмичности (цикличности) образования сильвинитов в слое 3. Для анализа ритмичности используем формулу:

$$C(d) = \sum_d \sum_x S(x) * S(x+d) \quad (1)$$

где $C(d)$ – функция содержаний сильвина в двух элементарных слойках, расположенных на расстоянии d между собой. $S(x)$ – содержание сильвина в первом слойке, а $S(x+d)$ – во втором слойке. x – глубина залегания первого слойка. $x+d$ – глубина залегания второго слойка.

Функция ритмичности имеет самый интенсивный пик при $d = 0$. Его ширина отражает мощности отдельных сильвинитовых прослоев. Можно видеть, что половина сильвинитовых прослоев имеет мощность 1,0см, а 20% прослоев имеет мощность 2,0-2,5см. Расстояния между сильвинитовыми прослоями варьирует от 2,6см до 5,0см, при этом отмечаются четыре наиболее распространенных межслоевых промежутка – 7,8% сильвинитов с межслоевым промежутком 2,6см; 29,5% с промежутком

3,5см; 37,0% с промежутком 4,2см и 25,6% сильвинитов с межслоевым промежутком 5,0см. Другие пики на рис. 3 характеризуют двойные, тройные и т.д. межслоевые промежутки. Большие и соразмерные первые три пика свидетельствуют о высокой степени совпадения периодичности формирования сильвинитовых прослоев. Строгая ритмичность садки сильвинита связана с годовой цикличностью вариаций физико-химических условий галогенеза.

В.П. Самодуров, А.М. Гречко, В.Э. Кутырло Изучение фациальных особенностей и стадий галогенеза эвапоритовых формаций методом анализа цветности пород и минералов // Природные ресурсы 2014. № 2. С. 43-48.

УДК: 622.06

В. П. Самодуров¹, С. Г. Шутин², С. Мансури-Фар¹

¹Белорусский государственный университет, ²ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ РАССОЛОВ В КАМЕРАХ ПОДЗЕМНОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛЕЙ

Введение. Геотехнологии, основанные на использовании методов подземного растворения солей, используются для добычи магниевых, калийно-магниевых, калийных солей и поваренной соли, а также других полезных ископаемых. Их используют и для создания подземных емкостей для хранения газа, нефтепродуктов, отходов и др. Известно, что меняя конфигурацию положений водоподающей и рассолозаборной колонн, потока растворителя, а также уровень нерастворителя можно существенно менять ход процессов растворения и форму подземной камеры. Методы расчетов процессов подземного растворения солей в настоящее время недостаточно эффективны, поэтому особое значение приобретает моделирование процессов растворения солей в лабораторных условиях. *Целью данной работы* является моделирование и изучение динамики движения рассолов в камерах подземного растворения солей для формирования каверн заданной формы и объема. Основное внимание здесь уделяется влиянию минерализации растворителя на форму каверны растворения.

Методический подход, примененный в данной работе основан на использовании компьютерного анализа цифровых фотографий потоков рассолов в камерах растворения солей. Потоки в камерах растворения рассолов разной плотности, осложненные явлениями конвекции и диффузии можно визуализировать, используя окрашенный растворитель. Концентрация красителя при смешивании рассолов разной минерализации может быть использована для определения содержания солей в разных участках камеры растворения. Этот подход является разновидностью компьютерной колориметрии цифровых фотографий и аналогичен зарубежному методу Digital Image-Based Colorimetry (DIC).

В данной работе использовалась цилиндрическая прозрачная емкость диаметром 25см и высотой 45см, заполненная насыщенным прозрачным рассолом NaCl. Минерализация рассола составляла 328г/см³, с плотностью 1,191г/л. Высота заполнения емкости была 40см, а объем рассола составлял 19,5л. Окрашенный синим красителем растворитель разной минерализации (от 0 до 310г/см³) подавался по трубке малого диаметра на глубину 5см и 35см. Эти эксперименты моделируют два основных типа подачи растворителя – верхнюю водоподачу и заглубленную водоподачу. Поток окрашенного растворителя составлял в разных экспериментах от 9 до 21см³/мин. В процессе экспериментов в течение 30мин проводилось последовательное фотографирование распределения красителя в объеме рассола в режиме «на просвет». Минерализация потоков в этом случае определяется поглощением красителя, так же как и в аналитической колориметрии.

Результаты. На рис.1. показаны этапы распределения пресного окрашенного растворителя в емкости, заполненной насыщенным рассолом в случае верхней водоподачи. Из-за разности плотностей

растворителя и рассола, растворитель всплывает к верхней поверхности – нерастворителю, роль которого играет воздух. Можно видеть, что течение растворителя в виде окрашенных струй носит турбулентный характер и имеет две составляющих. Один поток направлен вверх и обусловлен всплытием пресного растворителя (поток вертикального перемещения), а второй – распространением растворителя по верхней поверхности к стенкам сосуда (припотолочный плоскорадиальный поток). Турбулентность потоков обусловлена существенной разницей плотности пресного растворителя и насыщенного рассола. При использовании соленого растворителя турбулентность потоков постепенно уменьшается и переходит в ламинарное течение. Явления диффузии, как это видно на рис.1, не имеют преобладающего значения в динамике движения рассолов. За время эксперимента (30мин) граница между слоями растворителя и рассола диффундировала незначительно.



Рис.1. Этапы верхней подачи пресного растворителя в насыщенный рассол.

При верхней водоподаче растворителя отсутствуют явления конвекции, так как расстояние подъема растворителя к поверхности мало, и, поэтому, поток подъема растворителя не вызывает завихрений и перемешивания рассола, за исключением локальных завихрений внутри турбулентного потока. Наоборот, при заглубленной подаче растворителя возникают конвективные потоки и образуются завихрения трех размеров (рис.2). Мелкие конвекционные завихрения возникают непосредственно в всплывающем потоке растворителя при минерализации рассолов 10 – 50г/л. Средние конвекционные потоки вызывают расслоение рассолов в верхней части емкости. Их минерализация составляет 130 – 170г/л. Крупный конвекционный поток связан с циркуляцией рассолов повышенной минерализации вдоль стенок емкости. Минерализация этих рассолов составляет 190 – 250г/л. В нижней части емкости при этом сохраняется тороидальная область повышенной минерализации (более 250г/л). Известно, что в процессе растворения стенок, плотность пристеночного рассола растет. Это вызывает движение вниз пристеночных рассолов и активизирует конвекцию в нижней части камеры растворения.

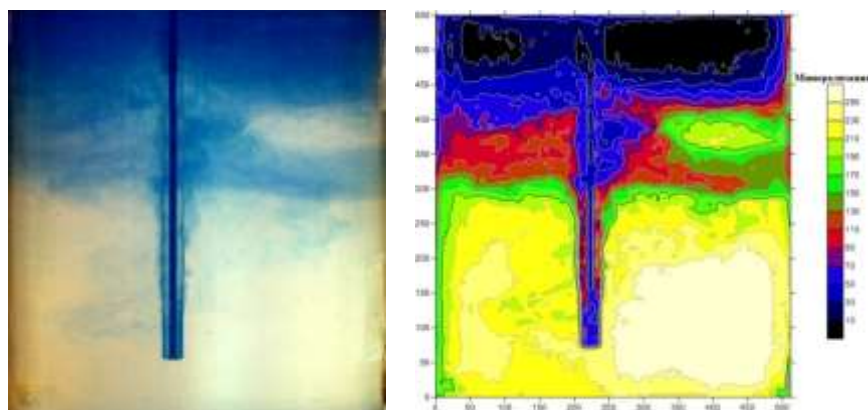


Рис.2. Конвекционные потоки в рассоле при заглубленной водоподаче

Распределение растворителя в камере с учетом двух основных потоков – потока вертикального движения и припотолочного радиального перемещения можно определить формулой:

$$R_h = \sum_{n=1}^N A_n \exp(-K_n h/H^n) \quad (1)$$

где R_h – распределение растворителя по глубине h , n – разные типы потоков в составе растворителя, A_n – радиусы распространения растворителя в потолочине для разных типов потока, K_n – коэффициенты распределения растворителя для разных потоков. H – глубина подачи растворителя. На рис. 3, слева представлена диаграмма распределения растворителя в случае верхней водоподачи, а справа – результат эксперимента по растворению керна каменной соли, подвешенной в емкости растворения.

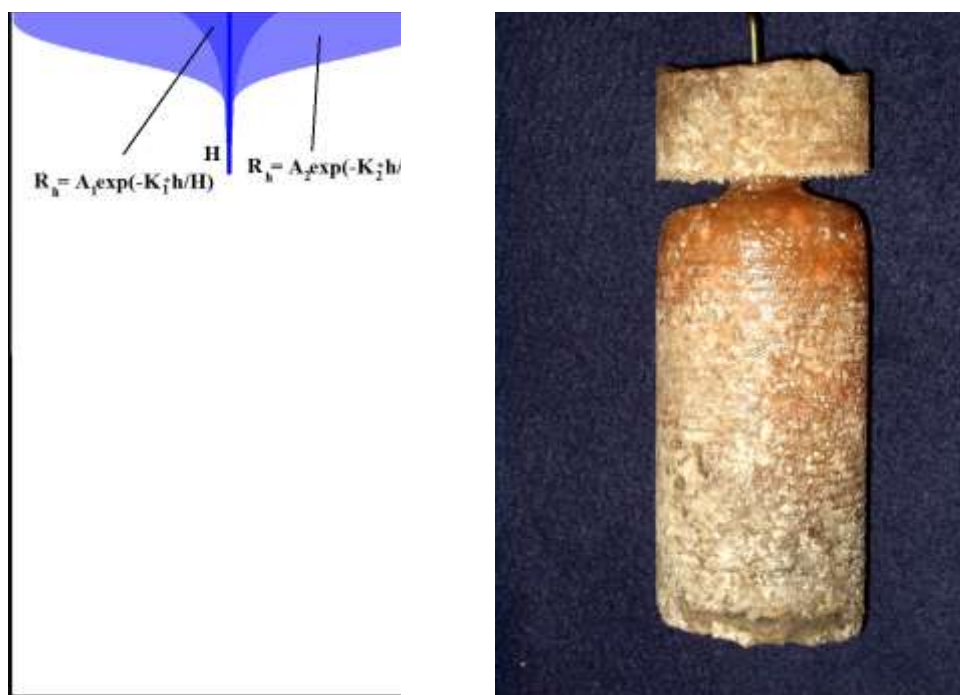


Рис.3. Расчетная диаграмма распределения растворителя (слева) и результат эксперимента растворения керна при верхней водоподаче.

В нижней части емкости, в насыщенном рассоле kern каменной соли не растворяется. Пресный растворитель локализуется в верхней части, у потолочины, и в этой зоне отмечается интенсивное растворение керна. Можно видеть, что профиль растворения керна совпадает с расчетной диаграммой распределения растворителя в случае верхней водоподачи.

Заключение. Компьютерная колориметрия цифровых фотографий является эффективным методом анализа потоков растворителя и распределения рассолов в камерах растворения. Метод окрашивания растворителя позволяет определять минерализацию рассолов в объеме камеры и динамику потоков с учетом конвекции и диффузии.

УДК 550.93(925)

А. Ф. Санько¹, С. А. Лаухин², С. И. Ларин³, Ф. Е. Максимов⁴

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Российский государственный геологоразведочный университет, Москва, Россия;

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

³Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

ОЗЁРНАЯ МАЛАКОФАУНА МЕЖСТАДИАЛА САРТАНСКОГО КРИОХРОНА (МИС-2) С ИРТЫШ-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Несмотря на небольшие размеры сартанского (МИС-2) покровного ледника на Карском шельфе [Svendsen et al., 2004, Astakhov, 2012, 2014 и др.], многолетняя мерзлота

в сартанское время, - около 19-22 тыс. лет назад (тлн), - распространялась от ледника на шельфе до гор на юге Казахстана [Аубекеров, 1992, Горбунов и др., 1997, Величко и др., 2002 и др.]. На шельфе существование межстадилов в сартанском леднике не отмечено

[Svendsen et al., 2004, Astakhov, 2012 и др.]. Соответственно, и на Западно-Сибирской равнине отмечается один уровень псевдоморфоз по ледяным и/или ледово-грунтовым жилам [Аубекеров, 1992, Лаухин и др., 2012 и др.] и только севернее 57°сш. наблюдаются полигональные сети с сериями псевдоморфоз по ледяным жилам; напр., в Кыштырлинском карьере [Ларин, Лаухин, 2013], приуроченные к стратиграфическому уровню сар-танского горизонта. Однако, полевые работы на Иртыш-Ишимском междуречье в разрезе Коточиги показали, что строение сартанского горизонта там значительно сложнее.

Разрез Коточи́ги (56°49'с.ш.) находится на ЮЗ равнины в южной тайге, где развиты темнохвойные леса с *Tilia cordata*, а среднеянварские, среднеиюльские и среднегодовые температуры составляют, соответственно, -16,7°, +18° и +1,2°C. Этот разрез изучался и раньше. В нём выделено [Волков и др., 1969] три пачки: суглинки 0-4 м; внизу с погребённой почвой и прослоем песка; переслаивание суглинков и супесей 4-12 м и суглинки 12-15 м. Нижняя пачка по палинологии отнесена к палеогену. Для средней и верхней пачек детальные литологические исследования показали озёрное происхождение [Волков и др., 1969]. Расположение озёрной толщи к югу от края максимального (среднеплейстоценового) оледенения позволяло отнести её к подпорному озеру этого оледенения [Краснов, Мартынов, 1961 и др.]; а среднюю и верхнюю пачки, соответственно к самаровскому и тазовскому оледенениям [Волков и др., 1969]. При этом погребённая почва с палиноспектром, который «указывает на климат близкий современному» [Волков и др., 1969, с. 118] – к ширтинскому межледниковью, разделяющему названные оледенения.

Нами разрез Коточи́ги изучен более детально. Здесь нет возможности обсудить его строение. Остановимся только на интервале 4-4,5 м, где залегает погребённая почва и перекрывающие её пески. Гумусовый горизонт этой почвы яркий, коричнево-серый сильно перемят солифлюкцией. ¹⁴C дата по гумусу 25090±1270 лет (СПБГУ-7265) показала, что почва формировалась в последнее потепление каргинского времени (МИС-3) и относится к искитимскому педокомплексу. «Искитимский педокомплекс практически всегда присутствует в разрезах лёссово-почвенной последовательности. Он является прекрасным стратиграфическим репером, а почвы педокомплекса доступны для датирования радиоуглеродным методом... на междуречных пространствах он представлен наиболее полно» [Зыкина, Зыкин, 2012, с.389]. Солифлюкционные процессы развиваются высоко в горах, а на равнине около 2000 км севернее разреза Коточи́ги, т.е. наложение их на почву говорит о сильном похолодании. Выше залегают пески с моллюсками.

Малакофауна состоит из 8-и озёрных видов: *Armiger crista* (L.)- более 1200, *Lymnaea stagnalis* (L.)- 27, *Physa fontinalis* (L.), *Planorbis corneus* (L.), *Bathypalpus contortus* (L.), *Gyraulus laevis* (Alder), *Sphaerium* sp., *Pisidium* sp. – единичные раковины; 7-и видов времённых, порой исчезающих, водоёмов: *Planorbis planorbis* (L.)- около 1200, *Lymnaea* ex gr. *palustris* (Müller), *L. truncatula* (Müller) и *L. ex gr. peregra* (Müller)- от 17 до 32 раковин, *Bithynia leachi* (Sheppard), *Lymnaea glabra* (Müller) и *Segmentina nitida* (Müller) – единичные раковины; гидрофильные виды: *Vertigo antivertigo* (Draparnaud), *Succinea putris* (L.) – единичные раковины и вид открытых пространств: *Pupilla cf. muscorum* (L.)- одна раковина. Наиболее массовые виды *Planorbis planorbis* (L.) и *Armiger crista* (L.)

Planorbis planorbis L. – типичный представитель мелких (до 1 м) заросших водоёмов, обильных на болотах, торфяниках и заливных поймах. Реже этот вид обитает в затишных и неглубоких участках озёр в зарослях с водной растительностью; вид хорошо переносит временное высыхание водоёма и может существовать несколько месяцев без воды, хорошо переносит засуху. Кормом ему служат листья деревьев, преимущественно широко-лиственных. На Русской равнине *Planorbis planorbis* L. обитал, в основном, в межледниковья плейстоцена и в голоцене [Санько, 2007]. *Armiger crista* L. живёт в водоёмах со стоячей водой, имеющих богатую водную растительность, в пересыхающих водоёмах обычно не живёт, а в озёрах не опускается ниже 3 м, оптимальная глубина для него 1,5 м. *Armiger crista* L. тесно связан с водными растениями, которыми он питается и к которым прикрепляет свои коконы, – это *Potamogeton* sp., *Myriophyllum* sp., *Ceratophyllum demersum* L. и др. *Armiger crista* L. распространён в Европе и Сибири, достигает Полярного круга. В плейстоцене Беларуси этот вид был широко распространён в межледниковьях, реже – в интерстадиалах. Из сказанного следует, что отложения из которых собрана малакофауна, накапливались в мелководных озёрах, иногда осушавшихся. Время осадконакопления было межледниковым, но не временем оптимума, т.к. в отложениях присутствуют как тепловодные, так и относительно холодноводные виды. К тепловодным относится евро-пейско-сибирский *Planorbis corneus* L. Для него важна богатая растительность. Кормом ему служит широкий круг водных растений: *Hippuris vulgaris* L., *Stratiotes aloides* L., *Polygonum amphibium* L., *Sparganium ramosum* Huds. и др. *Planorbis corneus* L. чаще всего встречается в заключительные этапы межледниковий. Холодноводные виды *Lymnaea glabra* Müller и *Gyraulus laevis* Alder. Первый из них обитает в мелких водоёмах севера Европы среди зарослей на илистом дне. *Gyraulus laevis* Alder в настоящее время обитает в мелких не пересыхающих водоёмах на глубине 0,2-1,5 м, в умеренном и бореальном климате. Находки его раковин связаны, в основном, с перигляциальными отложениями. Они встречаются и в оптимумах межледниковий плейстоцена Русской равнины, но обычно в меньшем количестве по сравнению с близким ему, но относительно тепловодным, *Gyraulus albus* L. Пески с этой фауной пронизаны единичными псевдоморфозами по грунтово-ледяным жилам длиной 1,5 м, которые начинаются выше слоя песков и заканчиваются ниже искитимской погребённой почвы. Таким образом, в рассмотренной части разреза чётко видны следы двух сильных похолоданий, разделённые песками с моллюсками, характерными для климата близкого современному.

Разумеется, желательны дополнительные ¹⁴C-датировки. Но уже сейчас видно в одном обнажении наложение солифлюкции на предсартанскую погребённую почву – следы весьма интенсивного стадийного похолодания. Выше же залегают пески с обильной теплолюбивой малакофауной, характерной для климата близкого современному; из тех же песков известны палинологические

свидетельства палеорастительности близкой современной растительности. Это ли не следы мощного межстадиального (почти межледникового) потепления?! И вся эта пачка: финальнокаргинская почва с наложенной на неё солифлюкцией и перекрывающие её пески с палеоботаническими и малакологическими следами значительного потепления пронизаны псевдоморфозами по ледовогрунтовым жилам – следы ещё одного интенсивного, вполне стадиального, похолодания.

В 70-е годы для сартанского оледенения (МИС-2) выделялись [Кинд, 1974]: гыданская стадия 22-16 тлн, безыманный интерстадиал 16-15 тлн, ньяпанская стадия 15-13 тлн, кокоревское потепление 13-12,2 тлн, безыманное похолодание (?) 12,2-11,8 тлн, тай-мырское потепление 11,8-11,4 тлн, норильская стадия 11400 ± 200 - 10300 ± 100 тыс. лет -

4 стадии и 3 межстадиала сартанского оледенения. К сожалению, все эти природные события были обеспечены менее чем 15-ю ^{14}C датами в Приенисейской Сибири. Правда, некоторые из двухсот ^{14}C дат на Таймыре и в Северо-Сибирской низменности [Антропоген..., 1982] могли поддержать эту схему. Однако, ревизии ^{14}C дат 70-х годов, а затем получение в начале XXI в. большого массива новых ^{14}C и OSL дат не только резко обострили каргинскую проблему [Астахов, 2009 и др.], но лишили стадий сартанское оледенение [Svendsen et al., 2004, Astakhov, 2012 и др.], создав ещё и «сартанскую проблему». Обнажение Кото-чиги нуждается в дальнейшем изучении, но уже и полученные материалы заставляют провести ревизию данных, согласно которым сартанское оледенение «лишилось» крупных стадий и межстадиалов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: гранты № 14-05-00956 и № 13-05-00854

1. Антропоген Таймыра. М.: Наука. 1982. 184 с.
2. Астахов В.И. Средний и поздний неоплейстоцен ледниковой зоны Западной Сибири: проблемы стратиграфии и палеогеографии// БКИЧП, № 69. 2009. С. 8-24
3. Аубекеров Б.Ж. Континентальные четвертичные отложения Казахстана. Автореферат докторской диссертации. Алма-Ата. 1992. 35с
4. Величко А.А., Нечаев В.П., Баулин В.В., Данилова Н.С. Криолитозона// Динамика ландшафтных комплексов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. М.: ГЕОС. 2002. С. 38-55
5. Волков И.А., Волкова В.С., Задкова А.А. Покровные лёссовидные отложения и палеогеография юго-запада Западной Сибири в плиоцен-четвертичное время. Новосибирск: Наука. 1969. 332 с.
6. Горбунов А.П., Марченко С.С., Северский Э.В., Титков С.Н. Палеогеокриологические исследования на равнинах и в горах Казахстана// Криосфера Земли. Том II, № 2. 1997. С. 3-8
7. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лёссово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: ГЕО. 2012. 478 с.
8. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука. 1974. 255 с.
9. Краснов И.И., Мартынов В.А. Схема стратиграфии четвертичных (антропогеновых) отложений Западно-Сибирской низменности// Реш. и тр. межвед. совещ. по уточнению стратиграф. схем Западно-Сибирской низменности. - Л.: Гостоптехиздат. 1961 С. 67-73
10. Ларин С.И., Лаухин С.А. Реликтовый криогенный морфолитогенез Ишимской равнины в позднем плейстоцене// Геоморфология и картография, Саратов: Саратовский Г.У. 2013. С. 397-400
11. Лаухин С.А., Ларин С.И., Гусельников В.Л. Первая находка следов древней мерзлоты в Курганской области// Вестник ТюмГУ, Науки о Земле. № 7. 2012. С. 104-111
12. Санько А.Ф. Четвертичные пресноводные моллюски Беларуси и смежных регионов России, Литвы, Польши (атлас-определитель) Минск: ИГиГ НАН Беларуси, 2007. 155 с.
13. Astakhov V.I. Pleistocene glaciations of northern Russia – a modern view// Boreas, 2012. P. 1-24
14. Astakhov V.I. The postglacial Pleistocene of the northern Russian mainland// Quaternary Science Reviews. 92. 2014. P. 388-408
15. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northeastern Eurasia// Quaternary Science Review, vol. 23, 2004. P. 1229-1271

УДК 551.79(476)

А. Ф. Санько, В. И. Ярцев, А. В. Дубман

Белорусский государственный университет, РУП «Белгипрогаз», Минск, Беларусь

ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В КОМПЛЕКСЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

При инженерно-геологических изысканиях отложений обычно ограничиваются выполнением полевых и лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов строго на площади строительства будущего объекта. Устанавливаются при этом удельный и объемный вес грунтов, их пористость, естественная влажность и влагоемкость, набухание, размокание и усадка, пластичность и липкость, водопроницаемость, способность к деформациям, текучесть и просадочность, сопротивление сдвигу и сжимаемость. Безусловно, это важные показатели, в значительной мере выражающие генетическую природу формирования осадков. Однако они локальны, не в полной мере отражают своеобразие процессов аккумуляции и закономерности размещения седиментационных геологических тел. В настоящее время для выполнения инженерно-геологических работ актуальным становится проведение

широкого литофациального анализа, являющегося частью генетического анализа четвертичных отложений [Санько и др., 2012]. Выполнение такого анализа актуально для четвертичных отложений Беларуси, имеющих сложное, неоднородное строение, резко изменяющуюся мощность на небольших расстояниях с различными физико-механическими свойствами.

Цель литофациального изучения отложений – получение возможно большего числа диагностических сведений – закономерностей состава, свойств, вертикального и латерального распространения отложений в составе геологических тел. При недостатке фактического материала иногда приходится обходиться небольшим числом признаков или даже единичными данными. В этих случаях сведения могут интерпретироваться неоднозначно и зачастую привести к неправильным выводам. При изучении четвертичных отложений, установлении фациальной принадлежности к тому или иному генетическому типу необходимо стремиться к принципу необходимости и достаточности. В целом, признаков, указывающих на литофациальную природу геологических тел, из которых складывается четвертичная толща, довольно много. Они объединяются в следующие группы.

1. Минерально-петрографический состав. Основными литологическими критериями, позволяющими интерпретировать условия формирования отложений и определять общую палео-географическую обстановку, являются петрографические и минералогические особенности отложений, структурные признаки обломков, в том числе размер, сортировка, форма и окатанность зерен, различие поверхностей минералов разной устойчивости, сглаживание, шлифовка, штриховка, царапины и шрамы грубого материала, преобладающая ориентировка обломков.

2. Структурные признаки. Эти признаки, обусловленные процессами седиментации, достаточно четко характеризуют динамико-энергетическую природу формирования отложений. Главная задача структурного анализа — выявление формы и размера слагающих породы зерен и обломков и их взаимоотношения. Учету подлежат при этом показатели крупности, распределения обломков и степень сортированности материала. Гранулометрические особенности обломочной части четвертичных отложений, соотношение зерен и обломков свидетельствует об особенностях и месте формирования породы, об исходном материнском материале, способах перемещения, динамических агентах и среде транспортировки, механической обработки и дифференциации материала. Чем активнее среда переноса, тем более крупные обломки включаются в динамические процессы. Появление в отложениях наиболее крупных зерен и обломков, их полное отсутствие или резкое уменьшение является основанием для суждения о составе и строении питающих материнских пород, условиях захвата, направленности, дальности, длительности, последующей переработки в процессе переноса и аккумуляции материала.

3. Текстурные признаки. Под ними понимаются сочетания признаков строения породы, обусловленные взаимным расположением и ориентировкой частиц, обломков и других составных компонентов в виде горизонтальной, волнистой, косой, диагональной, перекрещивающейся слоистости и их различных модификаций. К текстурным признакам также относятся разнообразные поверхностные (межслоевые) и внутрислоевые знаки и обособления, включения, конкреции, органогенные остатки и разнообразные биогенные проявления. Текстуальный анализ позволяет сделать вывод о режимах седиментации, об энергетической силе геологической среды формирования отложений, выявляет направление переноса. Важным текстурным признаком являются особенности ориентировки удлиненных зерен и более крупных обломков в разнофациальных отложениях, особенно моренах. По преобладанию размещения длинных осей крупных частиц можно судить не только о направлении переноса обломочного материала и локальных изменениях течения льда, но и о таких динамических состояниях льда, как активность, состояние пассивности, промерзания и таяния. Необходимо учитывать, что динамические режимы разнородных геологических сред, особенно на ограниченных площадях накопления осадков, во многих случаях сходны или близки друг к другу, вследствие чего формирующиеся слоистые текстуры разного генезиса могут быть морфологически подобны. Следовательно, текстурные характеристики не всегда пригодны в качестве индикаторов фациальной обстановки отложений и являются хотя и важными, но второстепенными признаками, которые должны ложиться в основу только в сочетании с другими показателями.

4. Физико-механические свойства отложений – один из обязательных видов литофациального анализа. Понятно, что у аллювиальных отложений иные, чем у основных морен, плотность, пористость, пластические свойства и другие характеристики. Однако при анализе приповерхностных четвертичных отложений значение имеют условия залегания отложений, например, экспозиция склонов, влияние которых может сказываться на диагностических показателях физико-механических свойств грунтов. Высокие значения плотности, свойственные отложениям основных морен, можно использовать как признак, отражающий, особенности их седиментации среди других фаций морен, и один из диагностических признаков для фациального расчленения ледникового комплекса. Так, моренные отложения Беларуси разного возраста имеют довольно устойчивый и близкий удельный вес. В поозерских моренах он составляет в среднем $2,67 \text{ г/см}^3$, а сожских и днепровских морен – в среднем $2,70 \text{ г/см}^3$ [Каган, Солодухин, 1971]. Плотность морены часто безотносительна к региону распространения, однако вниз по разрезу четвертичной толщи значения объемного веса скелета обнаруживают тенденцию к возрастанию. Определенная связь прослеживается между коэффициентом пористости и показателем

уплотненности. Средние значения показателя уплотненности для сожской морены составляют примерно 0,4, для днепровской – примерно 0,8 [Каган, Солодухин, 1971].

5. Физико-химические признаки отложений – это состав поглащенного комплекса, вторичные изменения, обизвесткование, карбонатизация, конкреции, интенсивность и характер гипергенных преобразований. Значение имеет анализ конкреций, достаточно часто встречающихся в виде стяжений, желваков и других включений. Конкреции – это особые литолого-геохимические индикаторы природной среды, уже сформированных осадков. Факторами конкрециеобразования являются гидрохимические условия, изменения климата, привнос органики, подземные и грунтовые воды, гипергенные преобразования. Вследствие указанных причин, а также в результате инфильтрационных или диффузионных подтоков соответствующих конкрециеобразующих растворов с концентрацией водородных ионов (pH) и окислительно-восстановительным потенциалом (Eh), ионно-молекулярным составом поровых вод и последующих диагенетических преобразований возникают разнообразные карбонатные, окисные, фосфатные, сульфидные и другие минеральные стяжения. Несмотря на то, что конкреционный анализ пока не нашел широкого применения в практике инженерно-геологических изысканий, указанные причины образования позволяют применять сведения о конкрециях для распознавания геохимических условий седиментогенеза и диагенеза.

6. Окраска отложений. Окраска также важная диагностическая особенность фации. Генетическими признаками могут служить однородность, пятнистость, полосчатость и другие цветовые свойства осадков. Цвет отложений и его первичная обусловленность зависят, в основном, от пелитового и пелитоморфного материала и в значительной мере определяются литологией крупных массивов подстилающих отложений. Первичная окраска довольно часто изменяется впоследствии как результат постседиментационных процессов. Бурые, коричневатые, красноватые и желтоватые тона, преобладающие в строении четвертичной толщи Беларуси, объясняются тонкорассеянными оксидами и гидроксидами железа. Темные цвета обычно свидетельствуют о наличии органики, окислении органических соединений, наличии тонкодисперсных сульфидов железа. Голубовато-зеленые (сизые) оттенки присущи участкам гипергенного оглеения. Следовательно, окраска отложений в определенной мере отражает состав и генезис породы, может использоваться при инженерно-геологических исследованиях для корреляции слоев.

7. Форма и размеры геологических тел. При инженерно-геологических изысканиях чаще всего имеют дело с самой распространенной формой залегания осадков – слоем. Устанавливается мощность слоя(ев), водонасыщенность, подошва и кровля слоя, их соотношение между собой. Следует учитывать, что положение границы между слоями различного состояния и самих слоев может изменяться после техногенного освоения территории настолько, что с течением времени изменяется наименование грунта, а с ним и положение границ слоя.

8. Заторфованные грунты. Особое внимание в ходе инженерно-геологических изысканий следует уделять заторфованным грунтам (10-50 % органических веществ) и торфу (более 50 % органики). На участках с большим содержанием заторфованных грунтов требуют проведения комплекса лабораторных исследований. Это необходимо потому, что данный тип грунтов имеет ряд специфических особенностей: водонасыщенность, медленное протекание во времени осадок, большая сжимаемость, вероятность изменения характеристик под воздействием нагрузок и анизотропия. В связи с этим, заторфованные грунты и торф составляют немалую проблему для устройства фундамента. Проблемы с ними рано или поздно возникает в силу того, что почти на 20 % территории Беларуси расположены именно эти грунты.

9. Рельеф. Выяснение условий формирования рельефа имеет косвенное отношение к литофациальному анализу, но во многом способствует правильному пониманию природы фациальных разновидностей отложений и составляющих их литологических аккумуляций. Действительно, понять историю и динамику изменения рельефа можно в связи с выяснением особенностей литолого-геологического строения четвертичных отложений и наоборот. Инструментом для осуществления геоморфологических исследований является генетическая классификация рельефа. Геоморфологическое изучение не должно ограничиваться современным рельефом. При проведении инженерно-геологических исследований следует проводить оценку и погребенного рельефа, выявлять скрытые с поверхности такие линейные переуглубления, как древние речные долины и ложбины ледникового выпахивания и размыва.

1. Каган А.А., Солодухин М.А. Моренные отложения Северо-Запада (инженерно-геологическая характеристика) СССР. М.: Недра, 1971. 137 с.

2. Санько А.Ф., Ярцев В.И., Дубман А.В. Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси. Минск: Право и экономика, 2012. 311 с.

А. Н. Сенько

Белорусский государственный университет, РУП «Белгипрогаз», Минск, Беларусь

РУКОВОДЯЩИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ВАЛУНЫ ЛОЖБИНЫ ДОЛГОЕ

Руководящие кристаллические валуны являются важной составной частью ледниковых отложений Беларуси. Они были захвачены ледником их коренных кристаллических пород Фенноскандии и транспортированы им в краевую зону, где вошли в структуру краевых ледниковых образований. Руководящие кристаллические валуны помогают выяснить области сноса моренных отложений, понять пути и направления движения древних покровных ледников, восстановить их структуру и динамику развития. Использование грубых обломков морен лежит в основе метода валунных поисков рудных месторождений и даже источников алмазов (Астахов В.И., 2008). В связи с этим, изучение руководящих кристаллических валунов является одним из наиболее актуальных в четвертичной геологии.

Предлагаемая работа посвящена анализу состава руководящих кристаллических валунов южной части Долгое ложбины. В ее основу положен материал, собранный автором в ходе исследований грубообломочного материала поозерских ледниковых отложений района оз. Долгое Глубокского района Витебской области. Также был проанализирован опубликованный материал по кристаллическим руководящим валунам области Белорусского Поозерья (Астапова С. Д., Винокуров В. Ф., 2001). Скопления кристаллических валунов были выявлены в 1,2 км к северу от д. Слобода и в 1,5 км к восток-юго-востоку от д. Псуя Глубокского района, в 6,2 км к юг-юго-востоку от железнодорожной станции Зябки и в 0,3 км к северо-востоку от южного окончания озера Долгое.

В отношении места формирования в леднике этот район представляет собой краевую зону Аутского ледникового языка Дисненской лопасти Рижского ледникового потока (Комаровский М. Е., 2013). В геоморфологическом отношении скопление валунов приурочено к флювиогляциальной дельте Долгое ложбины. Скопление валунов имеет от 4 до 6 м в поперечнике и 1–1,5 м в высоту. В скоплении насчитывается более десятка тысяч валунов в основном мелких, реже – средних размеров. Было проведено макроскопическое определение руководящих кристаллических валунов размером до 0,5 м. Среди определенных валунов было установлено 94 кристаллических руководящих валуна (Таблица 1.).

Таблица Кристаллические руководящие валуны ледниковых отложений поозерского оледенения в южной части Долгое ложбины (Составлена с использованием данных Комаровского М.Е., Кириковича А. В., Титовца Д.А., Адарченко В.Ю.)

Регион сноса руководящих валунов	Название породы	Содержание валунов, %
Юго-восточная Финляндия и северо-западный регион России	Выборгит	1,0
Средняя часть южной Финляндии	Уралитовый порфирит	2,0
Дно восточной части Финского залива и остров Гогланд	Гогландский кварцевый порфир	13,0
Юго-западная Финляндия	Гранит рапакиви, пятнистый гранит	53,0
Аландские острова	Аландский рапакиви. Хаагранит, Аландский порфир	18,0
Дно средней части Балтийского моря	Красный балтийский кварцевый порфир, балтийский пренитовый мандельштейн	3,0
Северная Швеция	Рагунда-гранит	1,0
Средняя Швеция	Стокгольм-гранит, Бредвард-порфир, Катилла порфир, порфир Венджан	7,0
Юго-восточная Швеция	Пасколлавик-порфир	2,0

Из таблицы видно, что руководящие валуны ледниковых отложений поозерского оледенения в южной части Долгое ложбины в основном относятся к Шведско-балтийской ассоциации. Шведско-балтийскую ассоциацию образуют породы, коренное залегание которых приурочено к территории Средней и Северной Швеции, Аландских островов и прилегающих районов дна Балтийского моря, а также гранитные массивы юго-западной Финляндии (Астапова С. Д., Винокуров В. Ф., 2001). В районе Долгое ложбины на Шведско-балтийскую ассоциацию приходится 86 %, среди них чуть более половины составляют пятнистые граниты и гранит-рапакиви юго-западной Финляндии, 18 % – аландские рапакиви и порфиры, 13 % – гогландские кварцевые порфиры. Остальные руководящие кристаллические валуны входят в Выборгской ассоциацию (14%).

Полученные данные по руководящим валунам Долгое ложбины позволяют уточнить направление движения Рижского потока поозерского оледенения. Рижский поток выдвигался в юго-восточном направлении. Он не поглощал отдельные языки Чудского ледникового потока, как это считалось ранее

(Астапова, Винокуров, 2001). Особенностью Чудского ледникового потока поозерского оледенения было появление в его краевой зоне в витебскую фазу крупной Дисненской лопасти.

1. Астапова С.Д. Валунные ассоциации и руководящие валуны краевых ледниковых образований западной части Беларуси. Доклады Национальной академии наук Беларуси, 2001. – С. 115-118.
2. Астапова С. Д., Винокуров В. Ф. Руководящие валуны краевых ледниковых образований Белорусской гряды. Доклады Академии Наук БССР, 1987. – С. 747-750.
3. Астахов В. И. Начала четвертичной геологии: Учеб. пособие. – СПб.:Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. – С. 224.
4. Комаровский М. Е. Гляциодинамическая модель Поозерского оледенения на территории Беларуси. Літасфера, 2013 – С. 34-39.
5. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (Атлас-монография) / Под ред. И. П. Герасимова и А. А. Величко. – Москва, 1982 – С. 155.

УДК 553.5:550.814(476)

А. Ю. Сивенков

Белорусский государственный университет, РУП «Белгипрогаз», Минск, Беларусь

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ГЕОИНДИКАТОРЫ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СОЛЯНОГО КАРСТА В ПРЕДЕЛАХ СОЛЕОТВАЛОВ СОЛИГОРСКОГО ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Солеотвалы - твердые и жидкие отходы, складывающиеся на земной поверхности в процессе переработки калийной руды. Состоят они более чем на 90 % из галита и являются постоянным источником засоления подземных и поверхностных вод (Высоцкий, Губин, Смычник и др., 2003 г.). В пределах Солигорского горно-промышленного района (ГПР) всего имеется четыре солеотвала.

В виду большого содержания галита в структуре состава пустой породы на поверхности и внутри солеотвала интенсивно развиваются процессы соляного карста. Процесс развития соляного карста в пределах солеотвала можно определить как явления связанные с деятельностью подземных и поверхностных вод, выражающиеся в химическом растворении соляных масс, сопровождающиеся формированием поверхности карстования, а также зачастую провалами и оседаниями кровли солеотвала, образованием воронок, озер, впадин и др.

Проблемы карстообразования в Солигорском ГПР отражены в работах многих исследователей (Колпашников, Еременко, 1974; Еременко, 1974; Клементьев, Еременко, Колпашников, 1973; Шпаков, Клементьев, 1979; Шемет, 2001).

Карст является одним из инженерно-геологических процессов, который наиболее трудоемок в его ликвидации или предупреждении (Шемет, 2001). До сих пор найдены способы изоляции солеотвалов от воздействия атмосферных осадков, несмотря на многолетние исследования в этом направлении во многих странах, см. рисунок 1.

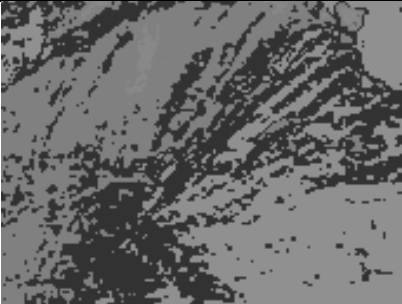
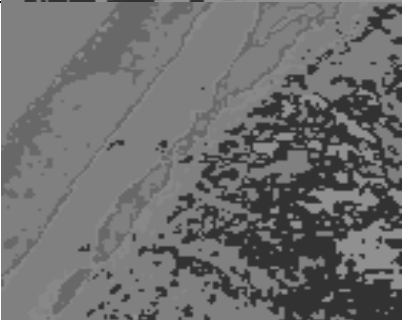
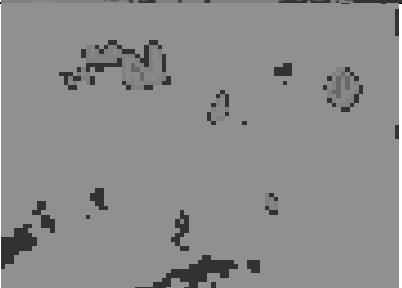
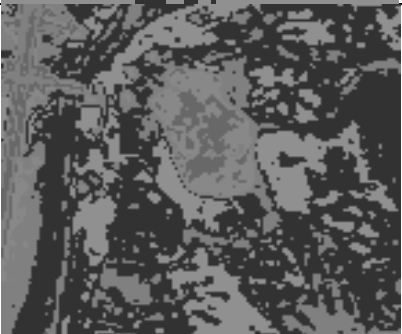
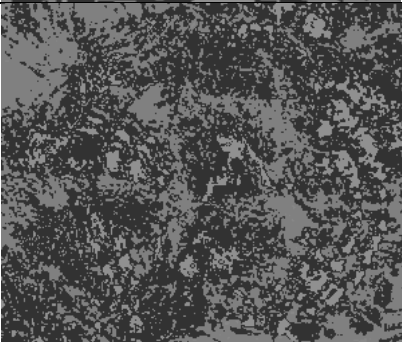


Заброшенный в 1990 г. солеотвал «Balsareny» в Каталонии (Испания)

В результате выщелачивающего воздействия атмосферных осадков и конденсационной влаги, впитываемой из воздуха, на поверхности и в массиве солеотвалов активно развиваются процессы растворения солеотвальных пород. Формирующиеся при этом растворы формируют водоносный горизонт в толще отвала, дренируемый в основании склонов в виде многочисленных родников рассолов.

Растворение галитовых пород атмосферными осадками является основной причиной карстования солеотвалов, а сопровождающие его явления имеют выраженный карстовый характер.

Таблица 1. Геоморфологические геоиндикаторы проявлений поверхностного карста на солеотвалах Солигорского ГПР

Название форм карстового рельефа		Важнейшие процессы, обуславливающие развитие форм карстового рельефа	Геоморфологический геоиндикатор	Дешифровочные признаки
Карры поверхностные		Растворение водами атмосферных осадков+эрозия (на крутых склонах)		Линейно-вытянутые вниз по склону, часто веерообразные, полосчатой текстуры
Карстовые ниши		Растворение + эрозия, иногда подмыв		Зона наибольшего уклона склона солеотвала в приподошвенной полосе
Карстовые воронки, провалы не заполненные водой	растворения	Химическое растворение		Небольшие пятна округлой формы на относительно ровных участках поверхности солеотвала
	провальные	Растворение+обрушение		
Карстовые воронки, провалы заполненные водой – солевые озера		Растворение+обрушение		Крупные заполненные водой замкнутые понижения на поверхности солеотвала
Карстовые поля и котловины		Растворение+поверхностная эрозия, дефляция		Мозаичные относительно ровные поверхности солеотвала с фрагментарной текстурой

Поверхностные карстовые формы связаны в основном с движением воды по поверхности и в зоне аэрации. Они представлены отрицательными (карровые углубления, колодцы, трубчатые поноры, рвы, воронкообразные углубления, ложбины) и положительными (карровые гребни, выступы, останцы, соляные зубья) разновидностями. Поверхность отвалов покрыта своеобразными микроформами карста. Их форма и размеры всецело определяются возрастом поверхности, подверженной интенсивному растворяющему воздействию атмосферных вод.

Карстовый рельеф быстро эволюционирует в направлении смены мелких форм более крупными. Положительные останцовые формы генетически связаны с останками конвейерных транспортных линий (куски металла, резины, шифера), которые изолируют участки на поверхности отвалов от воздействия осадков и приводят к образованию различной формы и размеров останцов. Сопоставляя время, прошедшее после прекращения отсыпки отходов и высоту останцов, можно сделать вывод о скорости карстовых процессов, растворения солеотвалов.

Перспективным направлением исследования проявлений процессов поверхностного соляного карста в пределах солеотвалов Солигорского горно-промышленного района является использование легко наблюдаемых геоморфологических признаков — геоиндикаторов.

Наиболее инновационным и перспективным представляется использование геоиндикаторов совместно с геоинформационными - моделями. Широкое использование дистанционных методов контроля изменений окружающей среды районов разработки соляных месторождений должно базироваться на подобных геоиндикаторах, хорошо отображаемых на космических снимках (смотри таблицу 1).

Таким образом, выявление геоморфологических космогеоиндикаторов проявлений процессов поверхностного соляного карста в пределах солеотвалов Солигорского горно-промышленного района с использованием материалов мультиспектральной космической съемки возможно. В качестве таких геоиндикаторов в качественном выражении выступают геоморфологические признаки поверхности солеотвала, указывающие на вероятность развития карстовых процессов на тех или иных участках. Методика выявления космогеоиндикаторов включала контролируемую классификацию материалов космических съемок высокого разрешения, анализ материалов инженерно-геологических изысканий. Признаки установлены путем анализа механизма процессов и использования современных представлений об индикации карстовых процессов на основе геоморфологических признаков. Установлены конкретные геоиндикаторы и дешифровочные признаки участков повышенной интенсивности процессов соляного карста. Примеры таких геоиндикаторов и особенности их дешифрирования на материалах космической съемки высокого разрешения приведены в таблице 1.

1. Викторов С.В. Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии. М., 1966. 120 с.
2. Высоцкий Э.А., Губин В.Н., Смыччик А.Д. и др. Месторождения калийных солей Беларуси: геология и рациональное недропользование; - Мн.: БГУ, 2003. - 264 с.
3. Колташников Г.А. Инженерная геология. Минск: Технопринт, 2005. 132 с.

УДК 552.5:550.422:546.7(476)

Д. Л. Творонович-Севрук, О. В. Лукашѐв

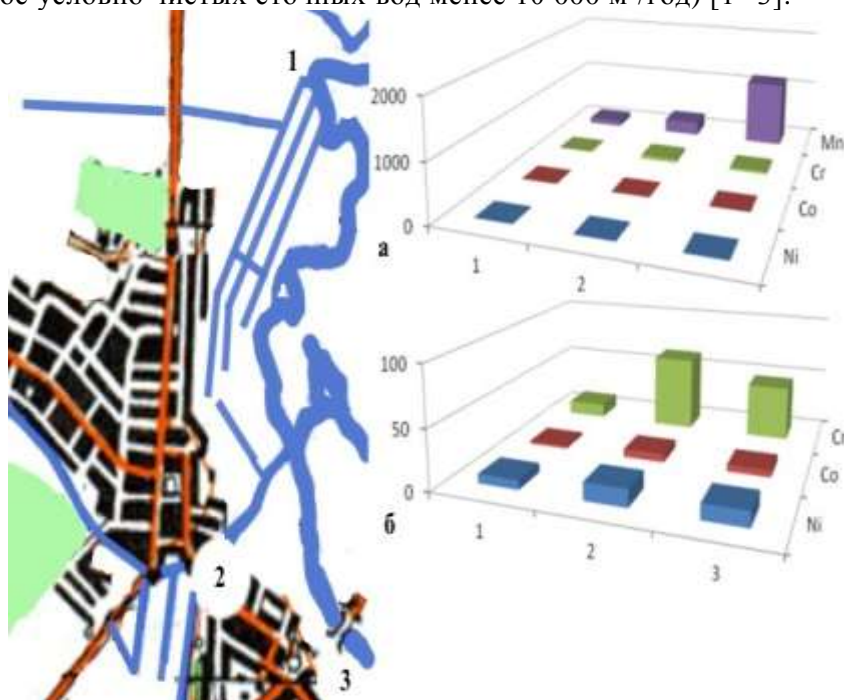
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Mn, Ni, Co И Cr В АЛЛЮВИИ РЕЧНОЙ СЕТИ п.г.т. ГЛУСК

Посѐлок городского типа Глуск располагается более чем в 260 км от истока р. Птичь, численность населения менее 8 тыс. чел. Промышленность Глусского р-на, расположенная в пределах водосбора реки в пгт. Глуск представлена предприятиями: [ЧУП «Глусский комбинат кооперативной промышленности»](#), [ЗАО «Глускдрев»](#), [УКП «Бытуслуги»](#), [Цех глубокой заморозки Глусского райпо](#), Глусский цех ОАО «Осиповичский молочный комбинат», [Лесопильно-деревообрабатывающий цех ГЛХУ «Глусский лесхоз»](#), ООО «Технотрансдеталь». Железнодорожное сообщение отсутствует. Система центральной канализации развита ограниченно, застройка преимущественно малоэтажная с септиками и полями фильтрации в пределах индивидуальных хозяйств. На территории посѐлка развита сеть ручьѐв и каналов, впадающих в р. Птичь (протяжѐнность до 2 — 3 км/км² водосбора основной реки). Прилегающая к населѐнному пункту территория используется для ведения сельского и лесного хозяйства.

Содержание Mn, Ni, Co и Cr (рисунок) в водах выше п. г. т. Глуск (точка 1) в окрестностях д. Калатиши достигает 107,8, 7,8, 2,5 и 11,8 мг/кг соответственно, ниже п. г. т. Глуск — 246,0, 14,8, 6,9 и 64,0 мг/кг соответственно (рисунок). В донных отложениях правого крупнейшего притока, дренирующего кварталы городской застройки (точка 2), содержание Mn, Ni, Co и Cr возрастает до 1164,0, 12,8, 5,8 и 46,6 мг/кг соответственно. Подобная геохимическая ситуация в рамках населѐнного пункта даже с незначительно развитой промышленностью показывает на высокую

степень восприимчивости аллювиальных отложений к минимальному антропогенному воздействию (сброс условно чистых сточных вод менее 10 000 м³/год) [1–3].



1 — р. Птичь ниже д. Калатичи, 2— приток р. Птичь, техногенный ил, п. г. т. Глуск, 3 — р. Птичь ниже п. г. т. Глуск

Валовое содержание Mn, Ni, Co и Cr в донных отложениях р. Птичь и её притоков
в п. г. т. Глуск, мг/кг сух.в.

1. Войтов, И. В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого
2. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2007 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2008. — 376 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2008 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2009. — 406 с.

УДК 552.5:550.422:546.7(476)

Д. Л. Творонович-Севрук

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЁННЫХ Cu И Zn В РЕЧНЫХ ВОДАХ БЕЛАРУСИ В ПЕРИОД 1991—2008 гг.

Сумарный объём возобновляемых водных ресурсов Республики Беларусь оценивается от 56 до 58 км³/год [1–17]. Отток речных вод с территории Беларуси происходит преимущественно в южном (до 52 %, бассейн Чёрного моря) и северном (42 %, бассейн Балтийского моря) направлениях.

На территории Беларуси располагается более 200 городов и городских посёлков. Крупнейшими потребителями водных ресурсов, а также поставщиками сточных вод являются г. Минск и областные центры. Объём сточных вод, отведённых в период с 1986 по 2008 г. характеризуется наименьшими значениями у Гродненской и Могилёвской областей (порядка 120–130 млн м³ и 170–200 млн м³), наибольшими — у Гомельской (порядка 450–470 млн м³) и г. Минска (порядка 250 до 360 млн м³) [2–17]. Практически по всей Беларуси по состоянию на 1990 г доминировал сброс сточных вод в природные источники (80–97 %). По сути, происходил сброс сточных вод *условно очищенных* по причине несовершенства очистных сооружений [114–131], применяемых на объектах народного хозяйства. На протяжении 1970–1990-х гг. количество сточных вод, сбрасываемых в реки постепенно увеличивалось — от менее 400 млн м³/год до более чем 2000 млн м³ [2–17]. Подавляющее их количество было сброшено в реки. Таким образом, водотоки в настоящее время находятся под значительным техногенным давлением (рис. 1 — 2).

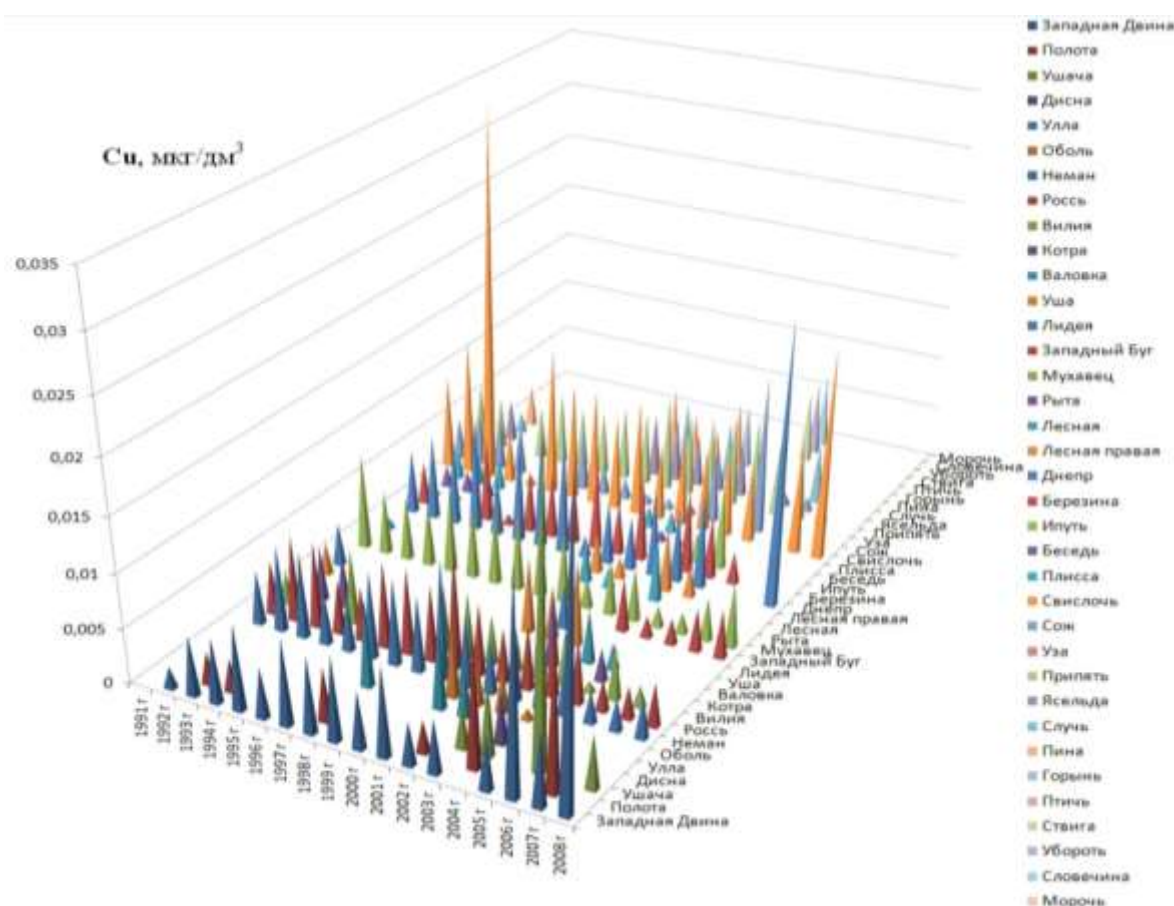


Рис. 1. Распределение растворённого Cu в водах рек Беларуси в период 1991–2008 гг. (среднегодовое), мг/дм^3 (составлено по данным [2–17])

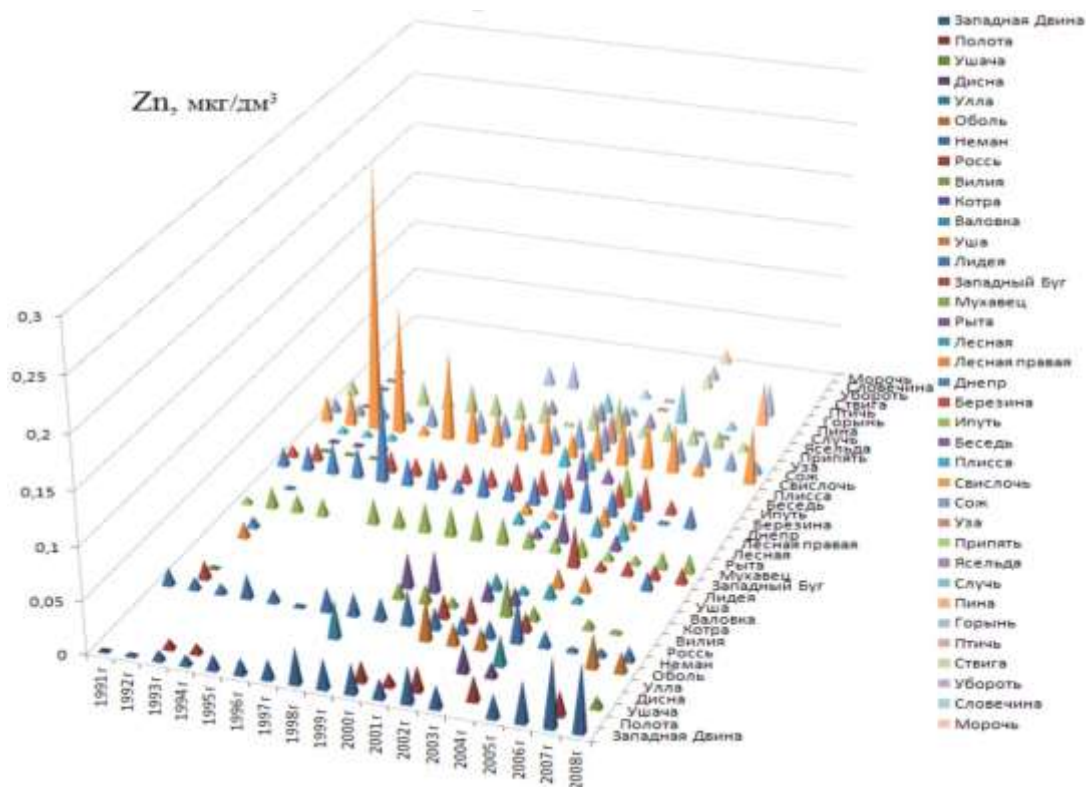


Рис. 2. Распределение растворённого Zn в водах рек Беларуси в период 1991–2008 гг. (среднегодовое), мг/дм^3 (составлено по данным [2–17])

Даже у крупных рек Днепр, Западная Двина, Припять Западный Буг на определённых участках недостаточно естественной разбавляющей способности для снижения концентрации металлов до природных уровней. Изменение содержания растворённых металлов в водах рек Беларуси в период 1991—2008 гг. отображено на рис. 1 — 2. Малые и средние реки Беларуси вследствие своей малой водности не в состоянии разбавить и очистить естественным образом поступающие объёмы сточных вод.

При рассмотрении распределения растворённых Cu и Zn в водах рек Беларуси в период 1991 — 2008 гг. можно выделить несколько аспектов:

1. *Изменение содержания Cu и Zn в водах рек Беларуси в различных водосборах.* Содержание Zn выше в водах Западной Двины, Днепра и Свислочи и водах других рек практически не превышает 0,05 мкг/дм³, концентрации Cu возрастают в Днепре, Западной Двине и Свислочи, достигая 0,025 — 0,035 мкг/дм³. Повышенным содержанием Cu и Zn выделяются реки, осуществляющие трансграничный перенос вод.

2. *Изменение содержания химических элементов во времени в пределах каждой реки* — величина непостоянная и происходит в пределах одного порядка. В период 1991 — 2008 гг. концентрации Cu и Zn увеличиваются в водах Западной Двины с 0,0025 и 0,005 до 0,02 и 0,05 мкг/дм³ соответственно, а в водах Свислочи уменьшаются — с 0,035 и 0,3 до 0,02 и 0,05 мкг/дм³ соответственно и т.д.

3. *Воздействие техногенеза на изменение содержания растворённых Cu и Zn в водах рек Беларуси.* Водотоки, испытывающие повышенное техногенное воздействие отчётливо проявляются на рис. 1 — 2, это Днепр, Западная Двина, Свислочь, Мухавец, Березина и др.

4. *Воздействие естественных геологических процессов на поступление растворённых Cu и Zn в речные воды.* Данный фактор применительно к Cu и Zn на территории Беларуси слабо выражен, что отражено на диаграммах рис. 1 — 2.

5. *Взаимосвязь водности рек и содержания в них растворённых форм Cu и Zn.* Помимо рассмотренных выше таких крупных рек, осуществляющих трансграничный перенос водных масс, содержащих повышенные количества Cu и Zn, отдельно выделяются малые и средние реки, подверженные воздействию техногенеза (сброс условно чистых сточных вод), в которых содержание данных химических элементов находится как на уровне крупных, так и в ряде случаев заметно выше, например, Свислочь (до 0,035 мкг/дм³ Cu).

1. Войтов, И. В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси / И. В. Войтов. — Минск: Современное слово, 2000. — 475 с.
2. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1991 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1992. — 274 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1992 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1993. — 286 с.
4. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1993—1994 гг. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1995. — 274 с.
5. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1995 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1996. — 300 с.
6. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1996 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1997. — 300 с.
7. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1997 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1999. — 276 с.
8. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1998 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 1999. — 282 с.
9. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 1999 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2000. — 274 с.
10. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2000 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2001. — 280 с.
11. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2001 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2002. — 272 с.
12. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2002 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2003. — 264 с.
13. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2003 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2004. — 284 с.
14. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2005 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2006. — 323 с.
15. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2006 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2007. — 366 с.
16. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2007 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2008. — 376 с.
17. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень. 2008 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. — Минск: Минсктиппроект, 2009. — 406 с.

Е. Ю. Трацевская

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь***К ВОПРОСУ О ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ ТРЕХФАЗНЫХ СЛАБОСВЯЗНЫХ
ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ**

Одним из основных видов техногенных воздействий на геологическую среду являются вибродинамические нагрузки, возникающие при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Такие нагрузки могут приводить к изменению физико-механических свойств грунтов оснований и тем самым влиять на состояние инженерных объектов.

Технический кодекс установившейся практики (ТКП) «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Фундаменты при вибродинамических воздействиях» [8] в настоящее время является единственным национальным нормативным документом, регламентирующим определение динамических свойств грунтов. В данном документе, как и в научной литературе [1, 7, 8 и др.], указанные свойства учитываются через коэффициент упругого равномерного сжатия C_z . При отсутствии экспериментальных данных значение C_z , кН/м³, для фундаментов с площадью подошвы, например, $A \leq 200 \text{ м}^2$ допускается определять по формуле [8]:

$$C_z = k_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_0}{A}} \right),$$

где k_0 – коэффициент, м⁻¹, принимаемый равным: 1 – для песков; 1,2 – для супесей и суглинков; 1,5 – для глин и крупнообломочных грунтов [8];

E – модуль общей деформации грунта, кПа;

$A_0 = 10 \text{ м}^2$.

Поскольку коэффициент C_z зависит от деформационных свойств грунта и от размеров фундамента, его рассматривают как некоторую обобщенную характеристику основания. При этом свойства грунтов учитываются условно [1]. Границы между понятиями модуль общей и упругой деформациями, жесткость (коэффициент жесткости) при статическом и динамическом режимах нагружения размыты.

Однако, при изучении деформационных свойств грунтов в грунтоведении четко различают понятия: модуль деформации при статической E и вибродинамической $E_{\text{дин}}$ нагрузках. В последнем случае свою очередь выделяют динамический модуль деформации E_d , получаемый при сейсморазведочных исследованиях и модуль деформации при вибрационных нагрузках E_v . При этом предполагается, что величины вибрационных нагрузок значительно превышают величины нагрузок при сейсмических исследованиях.

Увеличение деформируемости грунтов при динамических воздействиях по сравнению со статическими отмечается многими исследователями [1, 2, 5, 7 и др.]. В статических условиях компрессионная сжимаемость грунта зависит от вида грунта, коэффициента пористости, влажности и нормального напряжения [3, 4]. При динамических воздействиях кроме этих параметров учитывают амплитуду и частоту возмущающей силы [2].

В моделях упруго-пластических сред (модель Фусса, модель С.Н. Клепикова) общие деформации грунта (как при статическом, так и динамическом режимах) складывается из деформаций обратимых (упругих) и необратимых (остаточных). Слабосвязным неводонасыщенным грунтам свойственны смешанные структуры. В них кулоновское трение между частицами меньше, чем в чистых песках, а коагуляционная сетка слабая и прерывистая. Ввиду неоднородности структурных связей, даже при небольших напряжениях в пределах упругих деформаций появляются необратимые деформации, т.е. предел упругости принимается условно [3]. При приложении вибродинамической нагрузки грунт из состояния равновесия переходит в неустойчивое состояние. Распределение нормальных напряжений меняется в течение цикла. На стадии разгрузки происходит ослабление и разрушение связей между структурными элементами, возрастает их подвижность. На стадии нагружения увеличивается количество и площадь межчастичных контактов и происходит уплотнение грунта. В результате уменьшение сил сцепления при растяжении компенсируется увеличением числа контактов при сжатии настолько, что деформируемость уменьшается, т.е. процесс уплотнения имеет затухающий характер.

При возникновении в грунте напряжений, превышающих его структурную прочность, происходит уплотнение грунта и, естественно, изменение его деформационных свойств. Кроме того, из-за низкой гидрофильности рассматриваемых грунтов их реакция при компрессионных испытаниях зависит даже от небольших изменений влажности. При динамическом нагружении с ростом числа циклов воздействий значительно изменяются величины модулей общей и упругой деформации за цикл [6]. Изменение этих модулей по циклам носит затухающий характер. При увеличении количества циклов величина остаточных деформаций за цикл снижается, и модули общей деформации E приближаются к

значениям модулей упругости E_y ; а жесткость α и коэффициент жесткости k_z увеличиваются. Таким образом, модули упругих и общих деформаций, а также жесткость и коэффициент жесткости при статических и вибрационных нагрузках являются величинами переменными по ряду причин. В этом случае для любого линейного участка компрессионной (декомпрессионной) кривой их можно определять по формулам [1, 3]:

$$E = \frac{1 + e_0}{a} \beta, \quad \alpha = \frac{E_{y,d} S}{l}, \quad k_z = C_z A,$$

где e_0 – начальный для линейного участка коэффициент пористости, доли ед.;

β – коэффициент, зависящий от поперечного расширения грунта, доли ед.;

a – коэффициент сжимаемости, кПа^{-1} ;

S – площадь поперечного сечения образца, м^2 ;

l – высота образца, м.

Испытания грунтов нами проводились в лабораторных условиях. Были определены ускорения, возникающие в грунте ω'' при определенном ускорении возмущающей силы ω' ; вертикальные деформации грунтов необратимого характера при компрессионных испытаниях в статическом и динамическом режимах нагружения образцов. При виброкомпрессионном уплотнении грунта использовали металлическую обойму диаметром 152 мм и высотой 410 мм, жестко закрепленную на вибростоле вибрационного электродинамического стенда.

Амплитудно-частотный режим испытаний был выбран на основании обобщения опубликованных в литературе [1, 5, 6, 7 и др.] и полученных при исследованиях данных. Амплитуда виброперемещений A_0 задавалась постоянной $0,3 \cdot 10^{-3}$ м (максимальные амплитуды, характерны для железнодорожного транспорта). Частота гармонических колебаний φ изменялась от 15 до 105 Гц (наиболее часто встречаемые значения для техногенных нагрузок) с интервалом, равным 10 Гц. Каждый эксперимент проводился в течение одного часа (до стабилизации деформаций), а виброускорения, возникающие в грунте, обратимые и необратимые деформации измерялись в течение первых пяти минут, через 30 минут и в конце эксперимента. Образцы испытывали без статического пригружения.

В экспериментах использовались грунты с нарушенной структурой, но в ходе подготовки плотность и влажность их доводились до значений, которые они имеют в естественном залегании. Для исследований были взяты аллювиальные ($a\Pi\Pi$ -IV) и ледниковые ($g\Pi d$) супеси, широко распространенные на территории Беларуси. Готовили грунты с тремя значениями влажности: $W_1 = 0,080$; $W_2 = 0,100$ и $W_3 = 0,135$, попадающими в интервал максимальная гигроскопическая влажность W_r – влажность нижнего предела пластичности, W_p , т.е. грунты представляли собой трехфазные системы. Плотности при соответствующих влажностях $\rho_1 = 1,56$; $\rho_2 = 1,59$; $\rho_3 = 1,64 \text{ г/см}^3$. Во всех случаях плотность частиц $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$; число пластичности $I_p = 4,5 \%$; коэффициент пористости $e = 0,83$. Масса образцов составляла $m = 7,0 \text{ кг}$.

В результате проведенных исследований нами установлено, что вертикальные относительные общие деформации грунта при вибродинамическом нагружении ζ_d могут превосходить аналогичные деформации при статическом нагружении ζ до 26 раз. Упругие деформации при вибродинамическом нагружении $\zeta_{y,d}$ в 3,6 – 5,0 раз больше упругих деформаций при статическом нагружении ζ_y . При вибродинамических исследованиях модули упругих деформаций $E_{y,d}$ изменяются в пределах 4,34 – 22,45 МПа, модули общих деформаций E_d 0,29 – 1,40 МПа, соответственно динамическая жесткость $\alpha_d = 219,67 – 7607,67 \text{ кН/м}$. Поэтому при проведении изысканий грунтовых оснований инженерных сооружений, передающих вибродинамические нагрузки, необходимо учитывать особенности деформационных свойств дисперсных грунтов в указанном режиме нагружения.

1. Баркан Д.Д. Динамика оснований и фундаментов. – М.: Стройвоенмориздат, 1959. – 411 с.
2. Виноградова Л.Г., Красный Ю.М., Швеиц Н.С. Лабораторный метод определения и исследования зависимости упругих характеристик грунта от характера действующих нагрузок. / Динамика оснований, фундаментов и подземных сооружений. Материалы IV Всесоюзной конференции. – Ташкент: ФАН, 1977. – С. 143-147
3. Грунтоведение / В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во Московского университета, 2005. – 1023 с.
4. Зиянгиров Р.С. Объемная деформируемость глинистых грунтов. – М.: Наука, 1979. – 164 с.
5. Иванов П.Л. Разжижение песчаных грунтов. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 52 с.
6. Кутергин В.Н., Массух М. Оценка гидроуплотнения песчаных смесей. / Инженерная геология, № 5. – 1987. – С. 84-94
7. Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. – Л.: Стройиздат, 1964. – 346 с.
8. Технический кодекс установившейся практики (ТКП) 45-5.01-264-2012 (02250) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Фундаменты при вибродинамических воздействиях. Правила проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2013. – 114 с.

Е. В. Хилькевич*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь***ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН БЕЛАРУСИ**

Одной из самых примечательных особенностей субчетвертичной поверхности территории Беларуси является широкое развитие погребенных ледниковых ложбин (палеоложбин). Ледниковые ложбины распределены на территории Беларуси неравномерно и встречаются преимущественно в районах Белорусского Поозерья, Понеманья, по среднему течению р. Днепра и его притоков – Березины, Сожа.

Ледниковые ложбины в поверхности коренного субстрата на территории Беларуси и соседних районов привлекли к себе пристальное внимание геологов в 50-е гг. прошлого века. Наиболее заметную роль в исследовании их строения и формирования сыграли труды Г. И. Горецкого [Горецкий, 1980 и др.]. Исследованием влияния палеоложбин на формирование инженерно-геологических условий территории занимались А. Н. Симонов и А. Н. Степанов [Симонов, 1985], Д. Г. Зиллинг [Зиллинг, 1988], В. М. Кутепов [Кутепов, 2011], В. И. Осипов [Осипов, 2006] и др. Инженерно-геологические условия палеоложбин определяются следующими основными факторами: характером геологического строения субчетвертичной поверхности и их заполнением, подземными водами, физико-механическими свойствами грунтов и экзогенными геологическими процессами.

В локализации палеоложбин наблюдается связь со структурой дочетвертичного основания: зонами разломов и узлами их пересечения; площадями неглубокого залегания кристаллического фундамента, перекрытого маломощным чехлом податливых мергельно-меловых, глинистых и других пород; районами неглубокого залегания скальных карбонатных пород девона, перекрытых рыхлыми терригенными песками; региональными понижениями субчетвертичной поверхности и речными палеодолинами [Горецкий, 1980, Комаровский, 2009].

Погребенные ледниковые ложбины представляют собой глубокие (в среднем 60–100 м) линейно вытянутые (до 100 км), обычно узкие (2–10 км) понижения. Они заполнены толщей четвертичных отложений, главную роль в строении которой играют ледниковые отложения – морены и водно-ледниковые пески среднего и верхнего плейстоцена. Доля отложений межледниковых горизонтов невелика. Судя по возрасту морены, залегающей в основании ледниковых ложбин, большинство из них было заложено на среднечетвертичном этапе во время наревского и березинского оледенений. Отмечаются также переуглубления позднечетвертичного возраста [Комаровский, 2009]. Среди ледниковых ложбин в поверхности коренных пород наиболее широко распространены следующие морфогенетические типы: ложбины ледниковой экзарации, выдавливания, водно-ледникового размыва и полигенетические [Горецкий, 1980].

Палеоложбины являются природными гидрогеологическими структурами [Горецкий, 1969, Комаровский, 2009]. Пресные подземные воды связаны преимущественно с ложбинами экзарации и размыва, а также с ложбинами водно-ледникового размыва. В пределах ложбин экзарации и размыва подземные воды содержатся в водно-ледниковых отложениях наревского-березинского, березинского-днепровского, днепровского-сожского водоносного комплексов, а в пределах ложбин водно-ледникового размыва – в их нижних частях, выполненных флювиогляциальными отложениями среднего плейстоцена. Особенностью гидрогеологических условий палеоложбин является широкое распространение гидрогеологических окон; зон разгрузки высокоминерализованных вод, которые приводят к гидрогеохимическим аномалиям и наличию подземных вод разной степени агрессивности по отношению к бетону и железным конструкциям.

Изучение инженерно-геологических условий палеоложбин проводилось на примере Краснополянской и Кукшиновской площадок предполагавшегося строительства АЭС в пределах Могилевской и Горецких равнин. Использовались материалы отчетов комплексной геофизической съемки, инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на данных площадках А. В. Беляшова, А. И. Квятковского, С. П. Ляского.

Отмечено изменение физико-механических свойства грунтов в пределах погребенных ледниковых ложбин этих территорий. Особенность четвертичных отложений, выполняющих палеоложбины следующие: невыдержанная мощность, сложные условия залегания, разнообразный литологический состав, небольшие значения плотности, сопротивления к сжатию, сдвигу, увеличенные показатели влажности. Широкое распространение в палеоложбинах отложений озерного, озерно-болотного и озерно-ледникового происхождения является ограничительным фактором для строительства ответственных сооружений. Эти отложения обладают слабой несущей способностью, имеют относительно низкую плотность, повышенную сжимаемость. Они, как правило, водонасыщенные, влагоемкие и находятся в текучем и текуче-пластичном состоянии. Угрозу для строительства в пределах развития ледниковых ложбин представляют опасные экзогенные геологические процессы, среди

которых наиболее распространены карст, суффозия, разжижение грунтов, подтопление и заболачивание, гравитационные процессы, озерная абразия.

Таким образом, погребенные ледниковые ложбины имеют, в основном, отрицательное значение для инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории. Оно состоит в широком распространении в палеоложбинах отложений со слабой несущей способностью, наличии гидрогеологических окон и гидрогеохимические аномалий и развитии опасных экзогенных геологических процессов. Погребенные ледниковые ложбины осложняют инженерно-геологические условия для строительства сооружений. В связи с этим, при строительстве ответственных сооружений необходимо проводить исследования по выявлению палеоложбин в ложе четвертичных отложений, установлению границ, свойств заполняющих их отложений.

1. Горещкий Г. И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья). Минск: Наука и техника, 1980. 288 с.
2. Зилинг Д.Г. Погребенные речные долины Европейской части РСФСР и их инженерно-геологическое значение // Инженерная геология. 1988. № 6. С. 14–25.
3. Комаровский М.Е. Палеоложбины Белорусского Поозерья. Минск: БГУ, 2009. 184 с.
4. Кутепов В.М., Козлякова И.В., Анисимова Н.Г., Еремина О.Н., Кожевникова И.А. Оценка карстовой и карстово-суффозионной опасности в проекте крупномасштабного геологического картирования г. Москвы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2011. № 3. С. 215–226.
5. Осипов В.И., Кутепов В.М., Макаров В.И. Геологические условия градостроительного развития Москвы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2006. № 5. С. 99–114.
6. Симонов А.Н., Степанов А.Н. Влияние погребенной палеогидросети на формирование инженерно-геологических условий местности // Инженерная геология. 1985. № 3. С. 73–77.

УДК 550.4

Н. К. Чертко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ГЕОХИМИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Наиболее активно геохимические процессы протекают в верхней части коры выветривания, которая представлена четвертичными отложениями. В Беларуси они состоят из отложений различного генезиса. Их переработка водно-ледниковыми потоками, растворение и гидролиз создали современный геохимический образ республики.

Преобладает сиалитная кора выветривания, содержащая преимущественно каолиново-гидрослюдистую группу глинистых минералов, сорбционная емкость которых низкая. Поэтому активные элементы-мигранты выносятся в латеральном или радиальном направлении. Локально четвертичные отложения содействуют аккумуляции элементов-мигрантов и могут быть средой формирования перспективных месторождений.

Нами исследованы следующие четвертичные отложения: водно-ледниковые пески и супеси Полесья (кислые – 5 образцов песков и 4 образца супесей) и Центральной части Беларуси с включениями карбонатных пород (с реакцией близкой к нейтральной – 3 образца песков и 5 образцов супесей); моренные суглинки кислые Полесской и Центральной части Беларуси (12 образцов) и моренные суглинки карбонатные Северной части Беларуси (4 образца); лессовидные пылеватые суглинки в Центральной части Беларуси (5 образцов); озерные глины Шарковщины (3 образца). Глубина отбора образцов 120–180 см. В образцах определяли валовое содержание SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , P_2O_5 , Ti , Ni , V , Cr , Sr , Ba , Mn , Cu , Co , B . Валовое содержание основных элементов выполнялось по методике Е. В. Аринушкиной, редких и рассеянных – на кварцевом спектрографе ИСП-28.

Среднее содержание основных элементов отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Средне содержание основных элементов в четвертичных отложениях Беларуси, %

Четвертичные отложения	pH в KCl	Si	Fe	Al	Ca	Mg	K	P
Пески кислые, fgl	4,6-5,3	46,20	0,72	0,67	0,16	0,09	0,44	0,01
Пески карбонатные, fgl	6,6-7,5	45,32	0,71	0,59	0,74	0,39	0,64	0,02
Супеси кислые, fgl	3,8-4,7	42,27	1,42	2,39	0,29	0,26	1,10	0,03
Супеси карбонатные, fgl	6,6-8,0	40,13	1,99	1,35	1,85	0,97	1,58	0,02
Суглинки кислые, gl	3,4-4,8	40,62	1,92	3,24	0,33	0,32	1,31	0,05
Суглинки карбонатные, gl	7,2-7,8	37,58	1,93	2,81	2,15	0,87	1,23	0,05
Суглинки лессовидные	5,5-6,0	37,18	2,68	4,85	0,53	0,20	1,88	0,03
Глины озерные	6,0-6,5	27,86	5,62	10,43	1,39	0,41	2,67	0,05
Кларк по А. П. Виноградову	–	29,00	4,65	8,05	2,96	1,87	2,50	0,09

Для оценки аккумуляции или выноса химических элементов в четвертичных отложениях в таблице 1 приводится величина кларка этих элементов в земной коре по А. П. Виноградову (1957).

Содержание химических элементов в четвертичных отложениях, превышающее величину кларка в земной коре, оценивается как их накопление.

Соединения кремния относятся к устойчивым в условиях кислой реакции среды характерной для Беларуси, поэтому в кислых породах большее содержание кремния, чем величина кларка. Ниже содержание кремния в карбонатных породах, по сравнению с кислыми. Лишь в озерных глинах самое низкое содержание кремния, по сравнению с другими породами и ниже величины кларка.

Железо относится к активному мигранту и его содержание во всех породах существенно ниже кларка, за исключением озерных глин. Оно выносится из пород, так как на глубинах 1,5–2,0 м более 50 % территории Беларуси характеризуется восстановительно-глеевой обстановкой, активизирующей миграцию восстанавливаемого железа. Лишь в поймах рек с реакцией близкой к нейтральной создаются условия осаждения сидерита.

Алюминий накапливается лишь в озерных глинах. В других отложениях его содержание существенно ниже кларка. Кислые ледниковые и водно-ледниковые отложения удерживают больше алюминия, чем аналогичные по гранулометрическому составу карбонатные отложения.

Кальций относится к активному мигранту и в условиях и Беларуси активно выносится как из кислых, так и карбонатных пород. Во всех четвертичных отложениях содержание кальция ниже кларка. Лишь карбонатные суглинки приближаются по количественной величине к кларку. Аналогичная закономерность складывается с магнием при его более низком содержании в отложениях по сравнению с кальцием. Магния выше в карбонатных отложениях по сравнению с кислыми породами.

Содержание калия незначительно выше в карбонатных четвертичных отложениях по сравнению с кислыми отложениями. Выше кларка содержат калия озерные глины. Ледниковые и лессовидные отложения удерживают больше калия в сравнении с водно-ледниковыми породами.

Количество фосфора во всех четвертичных отложениях незначительное и существенно ниже кларка. В пределах Беларуси повышено и близкое содержание фосфора в ледниковых отложениях и озерных глинах.

Среднее содержание редких элементов в четвертичных отложениях Беларуси представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Среднее содержание редких элементов в четвертичных отложениях Беларуси, мг/кг породы

Четвертичные отложения	Ti	Ni	V	Cr	Sr	Ba	Mn	Cu	Co	B
Пески кислые, fgl	1000	7	15	26	80	150	100	4,6	1,0	7
Пески карбонатные, fgl	1080	9	15	27	120	240	200	4,5	1,0	7
Супеси кислые, fgl	2930	17	50	36	190	360	400	12,0	4,5	12
Супеси карбонатные, fgl	4180	19	56	48	180	240	310	11,0	7,5	20
Суглинки кислые, gl	3710	22	57	60	160	440	460	17,0	8,0	30
Суглинки карбонатные, gl	4000	20	55	54	170	420	360	18,5	8,0	32
Суглинки лессовидные	4880	23	93	74	220	640	410	14,3	8,4	29
Глины озерные	5930	39	122	121	270	340	450	24,2	11,0	51
Кларк по А. П. Виноградову	4500	58	90	83	340	650	1000	47	18	12

Содержание редких химических элементов возрастает от песчаных пород к глинам, от водно-ледниковых отложений к озерным, от кислых пород к карбонатным. Количество редких элементов, как правило, ниже кларковой их величины. Выше кларка содержание титана, ванадия, хрома и бора в озерных глинах. Титан в них концентрируется в результате механической миграции с водораздельных пространств. Соединения ванадия и хрома осаждаются в озерных отложениях под воздействием восстановительной обстановки, а увеличение бора связано с миграцией и концентрацией органического вещества.

Таким образом, среди четвертичных отложений концентраторами химических элементов могут быть моренные, лессовидные и озерные отложения, а среди пород – карбонатные суглинки и глины. Они могут служить индикаторами аккумуляции химических элементов в геохимических условиях Беларуси.

О. В. Шершнев, И. О. Прилуцкий

Гомельский государственный университет, Беларусь

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРЕДЕЛАХ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Территории складирования отходов промышленного производства являются опасными источниками воздействия на компоненты природной среды.

Объект исследования: территория мониторинга подземных вод ОАО «Гомельский химический завод».

Предмет исследования: геолого-гидрогеологические условия в пределах режимной сети мониторинга подземных вод.

Цель исследования – уточнение геолого-гидрогеологических условий на территории мониторинга подземных вод ОАО «Гомельский химический завод».

Задачи исследования включали: построение сводного геологического разреза и комплекса карт для выявления особенностей гидравлических связей между водоносными горизонтами, их пространственной дифференциации и защитных свойств слабоводопроницаемых горизонтов.

Исходными данными для выполнения поставленных задач послужили материалы геологических съемок и научно-исследовательские отчеты за разные периоды развития режимной сети мониторинга.

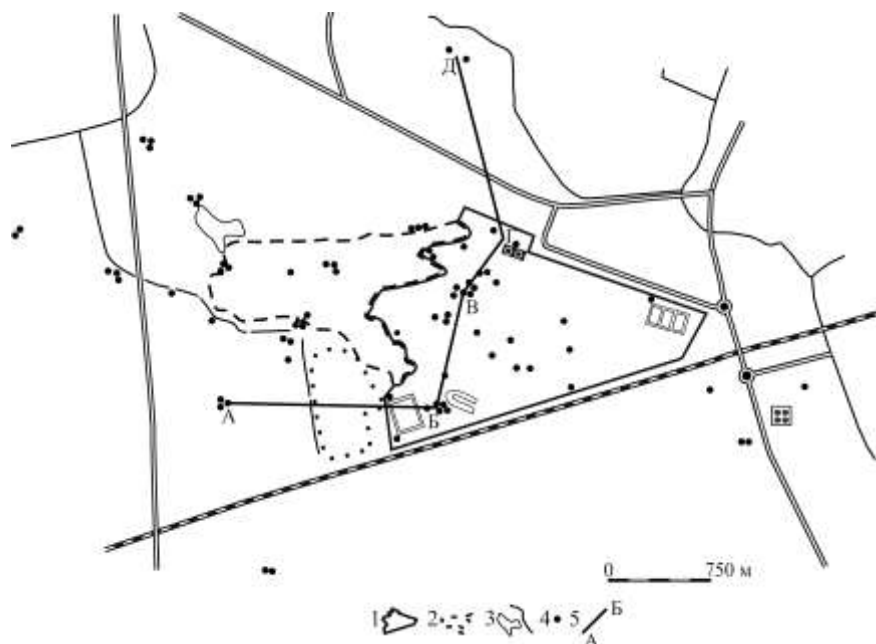


Рис. 1. Схема сети мониторинга подземных вод Гомельского химического завода.

Обозначения: 1 – производственная зона ОАО «Гомельский химический завод», 2 – контуры размещения отходов производства, 3 – водоемы и водотоки, 4 – скважины режимной сети мониторинга, 5 – линия геолого-гидрогеологического разреза.

Формирование сети мониторинга подземных вод в пределах территории производственной деятельности Гомельского химического завода относится к началу 1980-х гг. В период ее развития и до настоящего времени фонд ее наблюдательных скважин претерпел существенные изменения. Многие скважины были выведены из режимной сети наблюдения по причине их неудовлетворительного технического состояния. В тоже время происходило и развитие режимной сети за счет ввода новых скважин на различные водоносные горизонты. На современном этапе режимная сеть наблюдений была обновлена за счет ввода в нее скважины, пробуренной в конце 2011 г. на палеогеновый водоносный горизонт. Она размещена в юго-западном направлении от территории складирования промышленных отходов представленных отвалами фосфогипса и по одному из преобладающих направлений потока подземных вод. Скважина, получившая наименование 25^Б дополнила расположенные в этом же направлении две скважины, пробуренные на грунтовый (скв. 25) и межморенный (скв. 25^А) водоносные горизонты. Таким образом, был сформирован куст скважин на основные водоносные горизонты, испытывающие негативное воздействие от складироваемых производственных отходов. Периодическое техническое обновление сети мониторинга позволяет уточнить геолого-гидрогеологические условия и

обеспечить полноту проведения режимных наблюдений, с большей достоверностью оценить гидравлическую взаимосвязь поверхностных и подземных вод на изучаемой территории и прогнозировать возможное развитие их загрязнения.

С учетом обновления данных за счет ввода в режимную сеть мониторинга ряда новых скважин было определено направление линии геолого-гидрогеологического разреза, проходящий через кусты скважин 25, 25^А, 25^Б – 52, 52^А, 1Т, 2Т – 53, 53^А, 3Т, 4Т – 14^Б, Арт. 6 – 44907, 44909 (рис. 1). Построение геологического разреза (рис. 2) и комплекса специальных гидрогеологических карт позволило уточнить и систематизировать генетические типы геологических отложений на исследуемой территории.

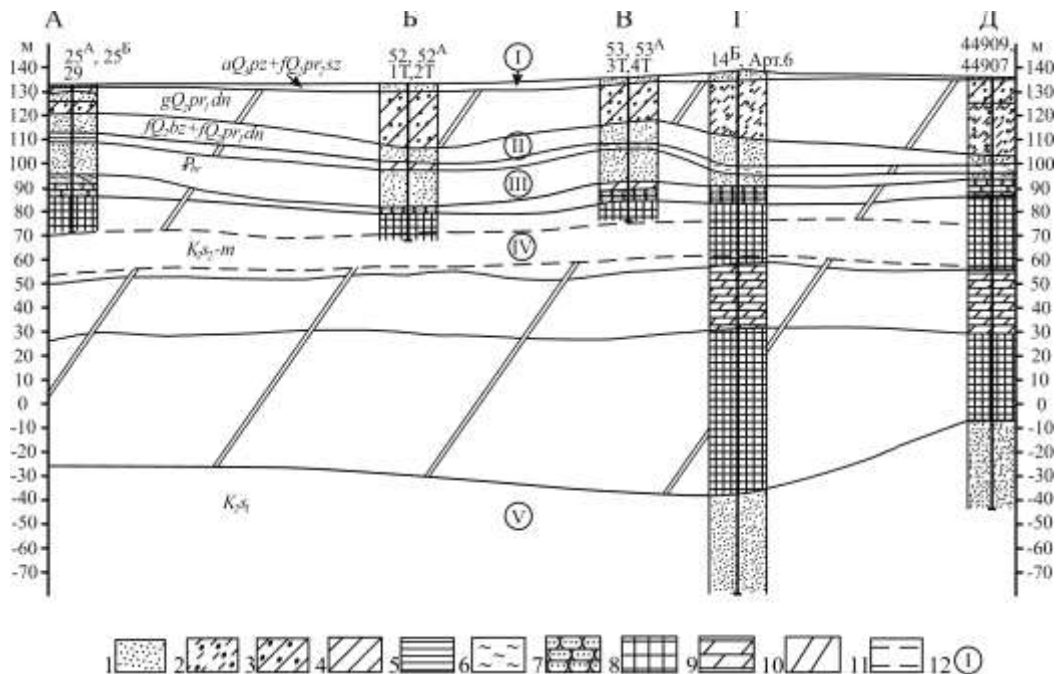


Рис. 2 – Схематический геолого-гидрогеологический разрез.

Обозначения: 1 – песок, 2 – супесь моренная, 3 – суглинок моренный, 4 – суглинок, 5 – глина, 6 – алеврит, 7 – песчаник, 8 – мел, 9 – мергель, 10 – слабопроницаемые отложения, 11 – ориентировочное положение водоносного горизонта, 12 – водоносные горизонты: I – грунтовый, II – межморенный, III – палеогеновый, IV – нижнемеловой (верхний сеноман-маастрихт), V – нижнемеловой (нижнесеноманский).

Можно констатировать, что в пределах исследуемой территории распространена сложнопостроенная толща осадочных пород различного генезиса – от морских до континентальных. Верхняя часть разреза представлена водно-ледниковыми и ледниковыми отложениями среднечетвертичного возраста, средняя часть – прибрежно-морскими терригенными отложениями палеогена, а нижняя – мергельно-меловой толщей терригенно-хемогенных осадков верхнего мезозоя.

В геологическом разрезе выделяется 5 водоносных горизонтов и 4 слабопроницаемых разделяющих толщи.

Установлено, что в целом в пределах санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод» преобладает нисходящее движение подземных вод, которое осложняется за счет техногенного фактора (подъем уровня воды в грунтовом водоносном горизонте – снижение напора в нижнесеноманском горизонте).

Разработанный комплект специальных гидрогеологических карт позволил выявить мощность зоны аэрации для грунтового водоносного горизонта, глубины залегания водоносных горизонтов, что позволяют оценить подтопляемость территории в межenniй период и рассчитать время возможного поступления загрязняющих веществ в подземные воды.

Карты мощностей основных слабводопроницаемых горизонтов позволяют выявить опасные участки для поступления загрязнения в нижележащие горизонты. Мощности слобопроницаемых горизонтов, представленных супесями, суглинками и алевритами варьируют в значительных пределах. Для супесей и суглинков днепровского возраста она колеблется от 5 до 16 м. Причем максимальные ее значения характерны для производственной зоны, а минимальные – для территории отвалов фосфогипса. Мощность алевритов палеогенового возраста изменяется от 1 до 12 м, с максимумом в пределах отвалов фосфогипса, сокращаясь до минимума в пределах производственной зоны, что определяет геологические причины неравномерности распространения загрязнения подземных вод. Отмечаются также опесчаненные (гидрогеологические) окна, которые, по-видимому, ускоряют миграцию загрязнения вниз по разрезу.

Установлено, что мергельно-меловая толща, обладающая низкой проницаемостью, является слоем, защищающим нижнесеноманский водоносный горизонт от проникновения загрязнения из выше расположенных горизонтов. Можно предположить, что отложения мергеля могут иметь значительную сорбционную емкость, учитывая наличие в них глинистой фракции, что улучшает их защитные свойства от загрязнения нижнесеноманского водоносного горизонта. Определенным подтверждением того, что мергельно-меловая толща служит надежным защитным слоем от загрязнения, являются данные эксплуатации водозаборов г. Гомеля и ведомственного водозабора ОАО «Гомельский химический завод». Последний служит модельным полигоном, указывающим на то, что в условиях постоянного воздействия загрязненных водных потоков, формируемых отвалами фосфогипса и поступающих с поверхности земли в водоносные горизонты, мергельно-меловая толща защищает подземные воды пятого горизонта от загрязнения. Обобщение и анализ многолетних данных за химическим составом подземных вод нижнесеноманского водоносного горизонта показывает, что с 1960-х гг. качество питьевой воды ведомственного водозабора ОАО «Гомельский химический завод» не ухудшилось.

С. А. Юдаев

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗВЕДКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-СУЛЬФАТНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

В пределах Беларуси четвертичные образования развиты повсеместно и сплошным чехлом перекрывают породы более древних систем. Четвертичная толща сложена отложениями ледниковых и межледниковых горизонтов плейстоцена. Они характеризуются большой литологической и генетической пестротой пород, что и привело к такому большому разнообразию обломочного и тонкодисперсного материала. Основная роль в разрезе принадлежит моренным и водно-ледниковым отложениям среднего плейстоцена.

В настоящее время первоочередной задачей геологических организаций республики является подготовка промышленных запасов строительного и сульфатного сырья в отложениях Беларуси для их разработки, а также их достоверная, с учетом всех возможных факторов, геолого-экономическая оценка. Разведка, оценка и введение в эксплуатацию этих месторождений является важным фактором, так как в стране ведется интенсивное строительство в нашей стране и за рубежом. Мы в значительных объемах экспортируем нашу продукцию нашим соседям, и они по достоинству оценивают качество отечественных материалов.

Объемы и результаты работ по геологическому изучению недр, проведенных в Беларуси за последние 50 лет, оказались весьма результативными, и в настоящее время выполнена предварительная и детальная разведка месторождений, проведена оценка запасов, пригодных для промышленности. При производстве предварительной разведки проведен комплекс буровых, опробовательских, гидрогеологических и других работ [3]. Густота разведочной сети, количество и качество проведенных работ по опробованию и лабораторным исследованиям позволили изучить формы залежей полезных ископаемых, внутреннее строение полезных толщ, их размеров, вещественного состава. Значительная часть разведанных месторождений строительных материалов разрабатывается, а остальные являются резервными базами для действующих карьеров и предприятий.

Разрабатываемые месторождения тугоплавких и огнеупорных глин обеспечены запасами на 8-50 лет. При росте потребностей запасы сырья могут быть увеличены разведкой уже имеющихся месторождений. Обеспеченность высококачественными кирпичными глинами заводов по производству глиняного кирпича недостаточная. В связи с этим требуется наращивание поисково-разведочных работ и, особенно, усовершенствование технологии, позволяющие использовать менее чистые глины, запасы которых значительны.

В связи с озвученными проблемами, производство геологоразведочных работ в данном направлении следовало бы увеличить, поэтому в ряде организаций республики ведется разработка геологических критериев прогнозирования полезных ископаемых. Под поисковыми критериями понимаются природные факторы, определяющие возможность нахождения минеральных месторождений в земной коре. Среди них различают: климатические, стратиграфические, фашиально-литологические, структурные, магматогенные, метаморфогенные, геохимические, геоморфологические, гляциодинамические, геофизические. Для разных типов месторождений могут иметь значения различные критерии или их комплексы [6].

Структурные критерии первой группы определяют самые общие закономерности размещения полезных ископаемых. Так, главные структурные элементы земной коры – щиты, платформы и геосинклинальные зоны характеризуются вполне определенной металлогенической специализацией.

Структура осадочных минеральных месторождений более проста и чаще всего подчинена складчатости. Структуры, определяющие положение тел полезных ископаемых в пределах

месторождения, исключительно многообразны - антиклинали, брахиантиклинали, тектонические блоки и др.

Под магматогенными критериями подразумеваются все прямые и косвенные геологические факты, указывающие на взаимосвязь интрузивных пород и гипогенных месторождений.

В результате метаморфизма в горных породах в связи с изменениями температур и давлений могут возникать новые месторождения, получившие название метаморфогенных, как, например, месторождения титана в кристаллических сланцах, кианитовые месторождения в метаморфических породах и некоторые другие.

Геохимические критерии важны не только при поисках месторождений полезных ископаемых, но и в прогнозировании рудоносности крупных регионов. При поисках в первую очередь уточняются кларки различных пород для установления их местного фона. Геохимические критерии помогают оценить перспективы рудоносности интрузивных, эффузивных, осадочных и метаморфических пород, пользуясь их химическим составом, а также составом подземных и проточных вод.

Геоморфологические критерии на современном уровне знаний и опыта должны способствовать обнаружению не только обычных современных аллювиальных, делювиальных, прибрежноморских россыпей, но и значительно более сложных: террасовых россыпей высоких уровней и особенно древних долин, а также погребенных россыпей. В перигляциальных областях широко развиты песчаные зандровые равнины с хорошо отмытыми кварцевыми песками. Для зоны конечноморенных образований наиболее характерны впадины, заполненные глинистым материалом, и т. д.

Гляциодинамические критерии представляют собой различные типы деформаций осадочных пород, определяемых условиями формирования и непосредственным воздействием древних покровных ледников на подстилающие породы с образованием специфических форм рельефа, захватом и переносом на большие расстояния коренных пород-отторженцев. Гляциотектонические дислокации часто представлены разнообразными складками, чешуями, скибообразными формами, инъективными, разрывными, перемятыми и другими деформациями. Меньшую часть составляют нарушения более глубоких слоев литосферы, обусловленные процессами гляциоизостазии, активизации разломных зон и гляциокинеза.

Геофизические критерии и методы применяются на всех стадиях геологоразведочных работ при поисках и разведке месторождений нефти и газа в осадочной толще, рудных и неметаллических твердых полезных ископаемых, при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях, а также при изучении земной коры и верхней мантии. Основой применения геофизических методов и правильного понимания возможностей конкретного геофизического метода или их сочетаний (комплексирования) в определенных геологических условиях являются физические свойства горных пород. Предварительный анализ физических свойств территории позволяет создать предварительные геолого-геофизические модели, которые в дальнейшем подтверждаются или опровергаются, уточняются или перестраиваются. Выбор того или иного комплекса геофизических методов обусловлен поставленной задачей, геологическим строением района и масштабом картирования. Совместное применение нескольких геофизических методов дает совокупность сведений, которые невозможно получить одним методом ввиду разнообразия физических свойств и условий залегания пород.

Обоснование разрешающей способности методов, точности наблюдений и выбор сети наблюдений заключаются в оптимальной вероятности обнаружения геологических тел, имеющих значение для решения поставленных задач, минимальной затрате средств и времени на единицу обследованной площади и уровне помех.

На формирование современного рельефа и размещение многих полезных ископаемых Беларуси существенное влияние оказали неотектонические процессы, обусловленные как ходом тектонических движений, так и влиянием ледников с постледниковыми процессами. Они способствовали формированию многих месторождений гравия, строительного песка, кирпично-черепичных глин и мергельно-меловых пород. Строение и особенности кристаллического фундамента, терригенной осадочной толщи Беларуси, позволили разведать и вести добычу строительного камня и сульфатного сырья.

Кварцевые пески наряду с глинистым сырьем являются основной минерально-сырьевой базой строительной и стекольной промышленности РБ, а возможность использования песков в формовочном производстве делает их комплексным сырьем и расширяет сферы их использования. Преобладающие запасы песков и гравийно-песчаного материала, пригодных для производства силикатных изделий, строительных растворов в качестве заполнителя бетона, для дорожного строительства, для баллаستировки железнодорожных путей, формовочных смесей, низкосортного стекольного производства приурочены к четвертичной толще. Балансами запасов учтено 99 месторождений строительных песков и 145 месторождений гравийно-песчаных пород. Промышленно освоено 42 месторождения песков и 93 месторождения гравийно-песчаных пород [2]. На территории республики имеются 31 месторождение и проявления кварцевых песков, в различной степени разведанных и оцененных. Наличие большого количества потребителей стекольного и формовочного сырья, кирпичного и цементного производства ставит вопрос о расширении минерально-сырьевой базы стекольной и строительной промышленности и формовочного производства. Несмотря на относительно большое количество месторождений

строительных материалов, в стране ощущается значительный дефицит кварцевых песков для производства стекла, глин для цементных заводов и, особенно, для кирпичного производства, а в южных районах страны – песчаных и гравийных пород. Песками строительными и силикатными наша республика обеспечена на уровне современного потребления, все же требуется дальнейшее наращивание их запасов, такие возможности судя по прогнозным ресурсам имеются [5,7].

Мергельно-меловые породы Гродненской, Брестской и Могилевской областей, являются минерально-сырьевой базой для производства цемента, извести, керамических и силикатных штучных и крупноразмерных стеновых изделий, облицовочных и кровельных изделий, легких пористых заполнителей, а также щебня, гравия и песка для бетона и железобетонных изделий и дорожного строительства.

По данным Госгеолфонда на территории республики зарегистрировано примерно 500 месторождений глин. Балансами запасов учтено 227 месторождений [6]. Из них крупными считаются месторождения «Гайдуковка», «Подлесье», «Милейки», «Пауки», «Плянта».

В Беларуси разведано крупное Бриневское месторождение сульфатного сырья, характеризующееся высоким качеством полезного ископаемого (гипс в основном 1-го и 2-го сортов, ангидрит преимущественно 1-го сорта), которое готовится к эксплуатации. Всего по месторождению запасы (горизонты III и IV) составили (тыс. т): гипса категории C_1 – 177 074 и категории C_2 – 163 416, ангидрита категории C_1 – 96 208 и категории C_2 – 41 454 [1].

Месторождения полезных ископаемых в Беларуси, в частности песков, глин, мела и гипсово-ангидритового камня для производства вяжущих материалов, можно взять в концессию с ноября прошлого года и это сулит предпринимателям и инвесторам крупную выгоду, т.к. строительные материалы всегда и везде очень востребованы.

1. *Высоцкий Э. А., Махнач А. А., Петрова Н. С. и др.* Геологическое строение и условия формирования Бриневского месторождения гипса // Природные ресурсы. Мн.: 2001, №4. С.22 - 34.
2. *Качанко, Г. Б.* Отчет о результатах предварительной разведки месторождения кварцевых песков «Бережное» Столинского района Брестской области / Г.Б. Качанко, В.Е. Мотыченков, Слуцк: БГРЭ, 2011.
3. *Махнач, А.С.* Геология Беларуси / А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В.Матвеев, Мн., 2001.
4. *Михадиук, Н.Н.* Отчет о результатах предварительной разведки силикатных песков «Огово» Ивановского района Брестской области / Н.Н. Михадиук.
5. *Михадиук, Н.Н.* Отчет о поисковых работах, доразведке месторождения «Свекличи» и детальной разведки месторождения «Подлесье» Дрогичинского района Брестской области / Н.Н. Михадиук, А.В. Кузьмицкий. Слуцк: БГРЭ, 1973.
6. *Науменко, В.Я.* Геология и полезные ископаемые Беларуси / В.Я. Науменко, Н.В. Науменко – Брест. – 2001.
7. *Сильвестров, Н.К.* Отчет о результатах геологоразведочных работ по выявлению и подготовки к промышленному освоению месторождения песков «Мотольское» Ивановского района Брестской области / Н.К. Сильвестров, Л.Н. Иваненков, Слуцк: БГРЭ, 2011.

С. А. Юдаев, А. В. Шидловская

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОРЕННЫХ И РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕЛАРУСИ

Необходимость решения ряда важнейших проблем науки и техники и выявления наиболее перспективных направлений ставит перед работниками науки и промышленности важные задачи, одна из которых эффективное и экономное использование благородных металлов. Эти металлы - золото, рутений, осмий, иридий, палладий и платина обладают комплексом уникальных физико-химических свойств, и нашли широкое применение в качестве катализаторов химических процессов, медицине, коррозионноустойчивых и жаропрочных конструкционных материалов, датчиков электрических сигналов, высокоэффективных отражателей и т. д. [2]. В последние десятилетия благородные металлы, их сплавы и соединения все шире применяются в промышленности; возникающая в связи с этим дефицитность золота, серебра, платины и иридия требует их более рационального использования и замены менее дефицитными материалами.

Благоприятное сочетание энергетических величин в природе обеспечивает особую химическую инертность золота и его способность восстанавливаться до самородного состояния. При высокой активности теллура, селена, серы золото в присутствии серебра может вступать в реакцию сразу с несколькими компонентами, образуя сульфотеллуриды, сульфоселениды и сульфоселенотеллуриды. В последние годы, благодаря применению точных локальных методов анализа (микрозондовый, рентгеноспектральный и др.) состава мелких выделений минералов, количество известных в природе золотосодержащих минералов увеличилось вдвое и достигло 40.

Важнейшим промышленным минералом золотых месторождений является самородное золото. В рудах оно присутствует в виде неправильных обособлений (зерна, пленки, нити, дендриты), реже образует кристаллы и их агрегаты. По размеру выделения золота подразделяются на дисперсные (до 10 мкм), мелкие (до 0,1 мм), средние (до 1 мм), крупные (до 5 мм) и самородки (более 5 мм при массе не

менее 10 г). Наиболее крупные самородки золота, найденные в месторождениях золота в СССР - 36,2 кг (Большой Треугольник), в Австралии - 93,3 кг (плита Холтермана).

Содержание золота в его природных сплавах, а также в искусственных ювелирных-лигатурных сплавах определяется в промиллях и характеризует пробность золота (585, 750, 900, 960 и др.) [5].

Важными по своему значению после самородных металлов являются теллуриды золота и серебра. Эти минералы относят к интерметаллическим соединениям металлов с полиметаллами. По химическому составу выделено 9 теллуридов - калаверит Au_2Te_2 , сильванит $(Au, Ag)Te$, креннерит $(Au, Ag)Te_2$, петцит Ag_3AuTe_2 и др. [1].

Следующий класс минералов золота представлен сульфидами, сульфоселенидами и селенидами золота. Известны десять минералов этого класса и открыты в основном недавно. Последний тип золотосодержащих минералов представлен оксидами и гидрооксидами золота. Важное место в разрабатываемых месторождениях золота занимают руды с тонкорассеянным золотом, находящимся в других минералах. Содержание золота в них достигает сотен г/т. Среди этих золотосодержащих минералов основными являются сульфиды - арсенопирит, пирит, халькопирит, галенит, антимонит, пирротин, сфалерит, талнахит, а также некоторые сульфоселеноарсениды и магнетит.

Минералогия платиноидов весьма богата. К настоящему времени известно более 100 самостоятельных минералов, не считая разновидностей, выделяемых по характеру и количеству примесей. Систематика минеральных видов сложна: выделяются самородные формы, сплавы, интерметаллические соединения, арсениды, антимониды, висмутиды, сульфоантимониды и сульфоарсениды, простые сульфиды, селениды и теллуриды. Это многообразие минеральных форм может быть сведено к двум крупным классам: самородные платиновые металлы, сплавы и соединения с металлами I, II, IV и VIII групп, соединения платиноидов с неметаллами V, VI и VII групп периодической системы Менделеева. Коренные месторождения платиноидов - основной источник платиновых металлов. С ними связаны 99,7% мировых запасов и ресурсов платиноидов и 98,5% мировой добычи этих металлов.

В кристаллическом фундаменте Беларуси известно несколько ультрабазит-базитовых интрузивных комплексов (русиновский, кореличский, аргеловщинский, волхвинский, загорбашский, нагорновский), которые по минеральному и химическому составу слагающих их пород сходны с рудоносными магматическими образованиями Карело-Кольского региона и близких по геологическому строению смежных с Беларусью районов Украинского щита и Воронежского массива.

На настоящее время концентрации Pt, Pd и Au определены в породах русиновского, аргеловщинского и кореличского комплексов. В актинолититах русиновского комплекса в 5 пробах установлено 110-500 мг/т золота. Максимальное суммарное содержание Pt и Pd - 350 мг/т - было установлено методом эмиссионной масс-спектропии в троктолитах русиновского комплекса. Пробирно-спектральным и нейтронно-активационным методами зафиксирована платина в количестве 26 мг/т (в 2 пробах) в габбро-амфиболитах, 200 - в магнетитовом габбро и 110-175 - в ильменит-магнетитовой руде кореличского комплекса; 48 мг/т в пироксенитах аргеловщинского комплекса [4].

С целью изучения распределения благородных металлов в породах ультраосновного и основного состава интрузивных комплексов кристаллического фундамента Беларуси было проведено дополнительное геолого-петрографическое изучение и опробование малоисследованных в этом отношении пород кореличского, аргеловщинского, ничипоровского, волхвинского и лучковского комплексов.

Проводившимися ранее исследованиями в лаборатории оптического спектрального анализа Института геохимии РАН в ряде проб были обнаружены близкие к кларковым количества Au и Ag, а также максимальные их содержания, превышающие кларк для ультраосновных и основных пород в 10-30 раз. Из 38 проанализированных проб на платиноиды повышенное содержание Pt - 140-740 мг/т - было установлено в 3 пробах в оливин-роговообманковых пироксенитах Аргеловщинского (скважина 631 - 176,4 м) и Суличевского (скважина 2к - 698 м) массивов: близкие к кларку содержания были выявлены в горнблендитах Головчицкого массива (скважина 3к - 760,6, 841 м). Палладий был определен в 15 пробах, наиболее высокие концентрации Pd - 175-570 мг/т - установлены преимущественно в относительно слабо измененных породах - пироксенитах и горнблендитах названных массивов [3]. Максимальное содержание платиноидов (платина+палладий) зафиксировано в количестве 1,2 г/т. Также в породах аргеловщинского комплекса (Корзуновский массив) был впервые обнаружен минерал платины - сперилит, представляющий собой диарсенид платины.

Исходя из геологических предпосылок и анализа геолого-геохимических данных, в Беларуси возможно обнаружение месторождений золота в породах кристаллического фундамента и в осадочном чехле. В кристаллическом фундаменте на глубинах порядка 700-850 м выявлены зоны сульфидной минерализации с содержанием золота до 2 г/т. Выделяются три типа проявлений: золото-сульфидный, золото-кварцевый и золотоносных железистых кварцитов. В 1992-1993 гг. установлены проявления золота в аллювиальных и водно-ледниковых образованиях четвертичного возраста в северных, южных и центральных районах Беларуси. Содержание золота варьирует от первых десятков до сотен миллиграммов на кубометр породы.

Оценка золотоносности территории республики ведется производственными и научными геологическими организациями свыше двадцати лет. Основное внимание за это время уделялось приподнятым участкам кристаллического фундамента, гораздо меньше — изучению осадочного чехла.

По результатам этих работ установлено, что россыпное золото встречается во всех геоморфологических областях республики, главным образом, во флювиогляциальных (потоково-ледниковых) и аллювиальных отложениях. Преобладающая часть выделенных золотин (93%) имеет размеры от 0,03 до 0,25 мм. Более крупные выделения металла размером до 1,0 мм составляют около 4%, а от 1,0 до 3,0 — 3%. В единичных случаях фиксируются золотины размером до 3-6 мм. Вес наиболее крупных единичных зерен достигает 70—176 мг. Формы выделений металла разнообразны, но чаще всего наблюдаются пластинчатые, таблитчатые или комковидные зерна. Рельеф их поверхности шагреновый, ямчатый; цвет золотисто-желтый, иногда с зеленоватым, красноватым или серебристым оттенком. Степень окатанности золотин варьирует с преобладанием средне- и хорошо окатанных. В отдельных шлихах количественно преобладают слабоокатанные, неокатанные зерна и октаэдрические кристаллы.

Исходя из приведенных выше данных, для территории республики можно выделить предварительно пять групп россыпного золота: 1) высокопробное золото с невысокими примесями серебра, гомогенное по строению; 2) высокопробное медистое золото с невысокими примесями серебра и гомогенное по строению; 3) золото средней пробы, серебристое, иногда медистое, относительно гомогенное по строению; 4) золото средней-низкой пробы, высокосеребристое, иногда содержащее ртуть, медь, включения амальгамы, электрума, неоднородное по строению; 5) амальгама золота-серебра. Количественно преобладают первые две группы. По-видимому, каждая из них отражает типохимические особенности золота коренных источников [7].

Приведенные выше данные свидетельствуют о положительных перспективах золотоносности не только антропогенных, но и более древних пород территории Беларуси, в том числе и кристаллических раннего докембрия. Опробование сосредоточилось на песчано-гравийно-галечных водно-ледниковых отложениях, очень распространенных и представившихся перспективными. Из них основное внимание уделялось базальным слоям, включая верх разбornoго плотика, крупновалунным слоям и линзам, слоям, непосредственно перекрывающим глины и моренные суглинки, и слоям, содержащим видимый естественный шлик. Объем проб 10 л, отдельных 20 и 30 л. В результате почти во всех из 700 проб обнаружено золото в количествах от 1 до 200 знаков мелкоалевритовой, реже алевритовой и мелкopesчаной размерности, а в пробах из 25 карьеров определен вес 0,3—1,5 мг. Золото обнаружено в разрезах краевых образований сожского и поозерского оледенений, в камах, озах, зандрах, межморенных прослоях на разных уровнях от подошвы до верха. Оно отмечено и в отложениях зандровых равнин. Таким образом, можно сделать вывод об общей золотоносности водно-ледниковых отложений Беларуси.

Количественное содержание золота в разных районах меняется, более высокое отмечено в центре, на севере и востоке Беларуси. Особенности золота также изменчивы. Золото, выделенное из разных районов, отличается морфологически. На Копыльской гряде и в районе г.п. Бешенковичи преобладает неокатанное и слабоокатанное (70% знаков), для Минской, Оршанской и Новогрудской возвышенностей характерно равное содержание неокатанного, слабо-, средне- и хорошо окатанного золота. На Лидской равнине, Волковысской возвышенности, Свенцянской гряде преобладающей формой являются пластинки, для Копыльской гряды и района г.п. Бешенковичи — зерна, для Новогрудской и Оршанской возвышенностей характерны как зерна, так и таблитчатые кристаллы золота [4]. Различия золота по морфологии, окатанности, размерности, цвету говорит о приносе его ледниками из разных питающих провинций.

Золотоносность, установленная в Беларуси, по-видимому, характерна для всей площади скандинавских оледенений. Ничтожная в моренах, но устойчивая в водно-ледниковых отложениях, она должна учитываться как важный источник поступления золота в реки и концентрации его в аллювии. Золотоносность водно-ледниковых отложений особенна тем, что проявляется не в виде россыпей, а в виде фона, который по сравнению с россыпями беден. Однако, как показало крупнообъемное опробование, получать золото можно. Рентабельной может стать попутная добыча золота на базе предприятий, производящих в крупных масштабах добычу или сортировку песчано-гравийно-галечного материала гидравлическим способом. Потребуется разработка специальной технологии, ориентированной на тонкое золото. Содержание золота в карьерах должно быть установлено путем крупнообъемного опробования по всему разрезу. Золотоносность водно-ледниковых отложений особенна тем, что проявляется не в виде россыпей, а в виде фона, который по сравнению с россыпями беден. Однако, как показало крупнообъемное опробование, получать золото можно. Рентабельной может стать попутная добыча золота на базе предприятий, производящих в крупных масштабах добычу или сортировку песчано-гравийно-галечного материала гидравлическим способом. Потребуется разработка специальной технологии, ориентированной на тонкое золото.

1. Бетехтин, А.Г. Курс минералогии / А.Г.Бетехтин — Москва: Университет. 2010, 735 с.

2. Боярко, Г.Ю. Благородные металлы: Применение, цены, спрос и предложение, запасы в недрах и прогноз развития рынка / Г.Ю. Боярко — Москва. 2001. — 80 с.

3. Вопросы петрологии и рудоносности кристаллического фундамента Беларуси. Сборник научных статей - Минск: НАНРБ. 1997.
4. Деревянкин, Ю.А. Самородное золото в четвертичных отложениях Беларуси / Ю.А. Деревянкин – Минск: Белгео. 2006. -- 164 с.
5. Деревянкин, Ю.А. Типохимические особенности и пробность золота из антропогенных отложений Беларуси / Ю.А. Деревянкин - Литосфера. 1994, №1.
6. Лукьяненко, Н.П. О золотоносности водноледниковых отложений Беларуси / Н.П. Лукьяненко - Литосфера. 1994, №1.
7. Юдаев, С.А. Драгоценные и поделочные камни Белорусского Полесья. Сборник материалов межрегиональной конференции – Люблин-Брест. 2002.

УДК 551.782.2:551.79.792(476)

Т. В. Якубовская¹, Г. И. Литвинюк², В. Ф. Моисеенко³

¹Государственное предприятие “НПЦ по геологии”, Минск, Беларусь;

²Белорусский государственный педагогический университет, Минск, Беларусь;

³Филиал “Геофизическая экспедиция” Государственного предприятия “НПЦ по геологии”, Минск, Беларусь

НОВАЯ ГРАНИЦА МЕЖДУ НЕОГЕНОМ И КВАРТЕРОМ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В 2010 г. опубликованы новые стратиграфические схемы четвертичной системы Беларуси – отдельные для плейстоцена и голоцена [Стратиграфические схемы..., 2010]. Нижняя граница в схеме четвертичной системы (плейстоцена) соответствует подтвержденной в 2008 г. на 33-й сессии Международного геологического конгресса (Норвегия) границе на уровне 1,8 млн лет. Но в июле 2009 г. исполнительный комитет Международного союза геологических наук утвердил рекомендации Международной комиссии по стратиграфии о понижении границы четвертичной системы (квартера) и соответственно основания плейстоценового отдела до 2,588 млн. лет, а позже, в 2013 г. эта граница была принята для территории России Решением VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода.

В связи с увеличением объема четвертичной системы/периода за счёт включения в неё яруса гелазий белорусским исследователям необходимо разработать дополнения к схеме, учитывая новую нижнюю границу квартера. Какие разрезы на территории Беларуси на момент принятия новой границы относились к аналогам гелазия, к верхнему плиоцену? Это разрезы дворцового горизонта, завершающего плиоцен в стратиграфической схеме неогеновых отложений Беларуси. Отложения дворцового горизонта выходят на поверхность в долине Днепра у д. Дворец Речицкого района и вскрыты скважинами на глубинах от 69 м (скв. 13 у д. Сеньковичи) до 116 м (скв. 7 у п.г.т. Зельва) и глубже. В стратотипическом разрезе у д. Дворец они представлены аллювиальными отложениями одного седиментационного цикла, состоят из слоистой толщи руслового и пойменного аллювия – песка и алевроита кварцевого состава, перекрытых глиной темно-серой с растительными остатками старичного генезиса. Общая мощность отложений здесь до 8 м. Ископаемая флора (палинология, палеокарпология) дворцового горизонта изучена в обнажении Дворец П.И. Дорофеевым [1986], Ф.Ю.Величкевичем [1990], Т.В. Жуковской, Н.А. Махнач, Т.Б. Рыловой и др., а также по разрезам скважин, кроме упомянутых у д. Сеньковичи [Крутоус, 1982] и Зельва [Якубовская и др., 2007], также у г. Гродно [Дорофеев, 1967; Якубовская, 1984], на Вселюбском участке у Новогрудка [Махнач, Рылова, 1977; Якубовская, 1984], у д. Шахновщина Столбцовского района [Махнач, 1980], у Красной Слободы [Бурлак, 1977] и по неопубликованным материалам В.Ф. Моисеенко и Т.В. Якубовской, а также в Логойской астроблеме (материалы Т.В. Якубовской) и в других местах.

В отложениях дворцового горизонта описаны два флористических комплекса (ФК) по данным палеокарпологии – ольховский и собственно дворцовый. Нижний, ольховский ФК, изучен по материалам П.И. Дорофеева в разрезе скв. 119 у д. Детомля и выявлен Т.В. Якубовской в скв. 107 (гл. 62,0–65,5 м) у д. Кривичи Лидского р-на Гродненской обл. Он представлен весьма бедным набором видов (*Salvinia glabra* P. Nikit., *Azolla pseudopinnata* P. Nikit., *Potamogeton vaginatus* Turcz., *P. longistylus* Dorof., *Carex paucifloroides* Wielicz., *Betula* sp., *Hippuris vulgaris* L., *Ranunculus* ex gr. *lingua* L. и др.). Более выразительная семенная флора этого ФК встречается в скв. 7 (гл. 114,5–116,4 м) у г.п. Зельва Гродненской обл. Она содержит остатки пяти видов селлагинел: два описаны из более поздней дворцовой флоры – *Selaginella reticulata* Dorof. et Wielicz., *S. borysthena* Dorof. et Wielicz. и три – *S. selaginoides* (L.) P. Beauv. ex Schrank et Mart., *S. helvetica* (L.) Spring., *S. tetraedra* Wielicz. – типичные виды перигляциальных обстановок гляциоплейстоцена, что свидетельствует о формировании ольховских слоев во время значительного похолодания, которое мы связываем с претегеленом Европы. Этому ФК соответствует спорово-пыльцевая зона Rdv2 NAP – *Betula* – *Pinus*, выделенная Т.Б. Рыловой, спектры которой охарактеризованы также Н.А. Махнач по разрезу скв. 8 у д. Шахновщина как накопившиеся в условиях прохладного климата, соответствующего времени самого значительного акчагыльского похолодания. Эти палеоботанические материалы можно соотносить с началом гелазия.

Верхний, дворецкий ФК отличается богатой флорой межледникового типа с характерными видами: *Selaginella reticulata* Dorof. et Wieliczk., *S. borysthenica* Dorof. et Wieliczk., *Salvinia aphosa* Wieliczk., *Azolla pseudopinnata* Nikit., *A. interglacialis* Nikit., *Potamogeton digynoides* Dorof., *P. perforatus* Wieliczk., *Eleocharis praemaximowiczii* Dorof., *Scirpus atroviroides* Dorof., *S. liratus* Dorof., *Caulinia palaeotenuissima* Dorof., *C. minor* (All.) Coss. et Germ., *Betula felixi* Dorof., *Ludwigia praepalustris* T.V. Jakub. et Zhuk., *Stratiotes goretskyi* Wieliczk., *Aldrovanda eleanorae* Nikit., *Elatine hydropiperoides* Dorof. et Wieliczk., *Lysimachia nikitinii* Dorof., *Lycopus pliocenicus* Dorof., *Trapa* sp. и др. Возраст флоры определялся как позднеплиоценовый – позднеакчагыльский, тегеленский, т.е. соответствующий второй половине гелазия. Части его отвечает палинозона Rdv2 *Pinus* – *Picea* – *Betula* – NAP, которая, по Т.Б. Рыловой, соответствует тегелену и большей части верхнего гелазия, а также комплексам верхнего акчагыла в средней полосе Русской равнины. Эту флору, как и флору ольховского ФК, теперь следует считать раннечетвертичной.

В целом отложения дворецкого горизонта коррелятны гелазскому ярусу общей шкалы и верхнеакчагыльскому региоподъярусу Восточного Паратетиса. Важнейшие глобальные события, произошедшие на рубеже около 2,6 млн лет – максимум акчагыльской трансгрессии (в связи с полноводностью Волги), регрессия в черноморском бассейне, оледенение Элк-крик в Северной Америке и возможное оледенение Скандинавии, приведшие к преобразованию плиоценовой флоры в плейстоценовую, что и маркирует нижнюю границу квартера.

Новая граница четвертичной системы проводится на уровне 103-й изотопно-кислородной стадии, а на палеомагнитной шкале – вблизи кровли ортозоны Гаусс. В разрезе кайнозоя Беларуси эти стратиграфические реперы пока не известны и при проведении новой границы можно использовать лишь палеонтологические данные, отражающие глобальные события.

Вероятно, что положительная намагниченность хрона Гаусс в Беларуси будет выявлена в отложениях холмечского горизонта, которые в полных разрезах у дд. Холмеч, Дворец, вблизи Красной Слободы (дд. Кривичи, Вёска), Вселюба (дд. Детомля, Лозы, Кремушовка) и у Гродно (дд. Сивково, Аляксандрово) подстилают дворецкий горизонт и составляют теперь завершающую часть неогена. Ископаемая семенная флора отложений верхнехолмечского подгоризонта холмечского горизонта в голостратотипе у д. Холмеч Речицкого района и других одновозрастных разрезах территории Беларуси хорошо изучена благодаря монографическим работам П.И. Дорофеева, Ф.Ю. Величкевича, Евы Заставняк и др., а палинология – благодаря исследованиям А.Ф. Бурлак, Н.А. Махнач, Т.Б. Рыловой и других специалистов. Эта флора составляет самый молодой флористический комплекс плиоцена в новом, сокращённом, объёме – Холмеч-2, выделенный по остаткам растений в отложениях верхней части холмечского горизонта. В нём присутствует большая группа вымерших видов, которые позже не существовали во флоре Беларуси и позволяют уверенно отличать её от флоры дворецкого горизонта. Флора ФК Холмеч-2 хорошо сопоставляется с флорой фитояруса ревер в Европе и с симбугинской флорой Башкирии, на основании чего верхнехолмечский подгоризонт можно относить к самым верхам верхнего плиоцена – к нижнему акчагылу, к пьяченскому ярусу общей шкалы.

В отложениях голостратотипа холмечского горизонта для его верхней части Т.Б. Рыловой выделен соответствующий палинокомплекс Rchl 2 *Quercus* – *Castanea* – *Betula* – *Tilia* – *Fraxinus*. Он сопоставим со спорово-пыльцевой зоной XIV (*Faguspollenites*) в Польше, коррелятной реверу Европы.

Полных разрезов, в которых отложения верхнего плиоцена – верхнехолмечского подгоризонта холмечского горизонта – перекрываются отложениями самого древнего в четвертичной системе дворецкого горизонта, на территории Беларуси мало. К ним относятся, в первую очередь, стратотипические разрезы скважин и обнажений у дд. Холмеч и Дворец, скв. 116 у д. Вёска на углепроявлении Краснослободское, разрезы скв. 120 у д. Лозы и скв. 119 у д. Детомля на Вселюбском участке, скв. 8 у д. Шахновщина.

Вместе с тем, имеются разрезы аллювиальных и озёрных отложений значительной мощности, в которых выявлена богатая флора, вероятный возраст которой (или части её) также сопоставим с возрастом дворецкого интервала. Такая флора недавно изучена авторами в основании четвертичной толщи разреза скважины 3К у д. Давтюны на северо-западе Островецкого района Гродненской обл. Многие виды этой флоры, как *Selaginella tetraedra* Wieliczk., *Salvinia aphosa* Wieliczk., *Azolla pseudopinnata* Nikit., *A. interglacialis* Nikit., *Elatine hydropiperoides* Dorof. et Wieliczk., *Stratiotes goretskyi* Wieliczk., *Potamogeton perforatus* Wieliczk., *Scirpus atroviroides* Dorof. и др. дают основание предполагать, что она могла существовать в начале квартера.

Анализ имеющихся материалов позволил выявить лишь один крупный ритм в изменении природной среды, состоящий из холодного, "ледникового" ольховского времени и теплого, "межледникового" дворецкого времени. Интервал гелазия протяжённостью в 800 тыс. лет, к которому мы относим дворецкий горизонт, равен всему гляциоплейстоцену с его 4–9, по мнению разных исследователей, ледниково-межледниковыми ритмами. Несомненно, что в столь продолжительное дворецкое время на территории Беларуси должны были произойти такие же сложные палеогеографические флуктуации, которые проявились в тегелене Европы и соответствуют климатическим колебаниям в северном полушарии, укладывающимся в изотопно-кислородные стадии от 103-й до 63-й. Поэтому проблема нижней границы четвертичной системы на территории Беларуси

требует тщательного специального изучения геологами – стратиграфами и палеонтологами – в связи с предстоящими работами по крупномасштабному геологическому картированию.

1. Бурлак А.Ф. Результаты палинологических исследований миоценовых отложений Белоруссии // Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. Минск: Наука и техника. 1977. С. 164–181.
2. Величkevич Ф.Ю. Позднеплиоценовая флора Дворца на Днепре. Минск: Навука і тэхніка. 1990. 140 с.
3. Дорофеев П.И. О плиоценовой флоре Беларуси // Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. Москва: Наука. 1967. С. 92–110.
4. Дорофеев П.И. О плиоценовой флоре дер. Дворец на Днепре // Проблемы палеоботаники. Ленинград: Наука. 1986. С. 44–71.
5. Крутоус Э.А. О плиоценовой флоре на западе Белоруссии // Палеокарпологические исследования кайнозоя. Минск: Наука и техника, 1982. С. 62–70.
6. Махнач Н.А. Новые данные о плиоценовой флоре д. Шахновщина Столбцовского района Минской области // Проблемные вопросы геологии антропогена и неогена Белоруссии. Минск: Наука и техника. 1980. С. 114–118.
7. Махнач Н.А., Рылова Т.Б. Расчленение плиоценовых отложений в стратотипическом разрезе у д. Лозы Новогрудского района Гродненской области (по данным спорово-пыльцевого анализа) // О границе между неогеном и антропогеном. Минск: Наука и техника. 1977. С.136–196.
8. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка. / Под ред. С.А. Кручека, А.В. Матвеева, Т.В. Якубовской [и др.]. Минск: ГП "БелНИГРИ", 2010. 282 с., приложение из 15 стратиграфических схем.
9. Якубовская Т.В., Литвинюк Г.И., Савченко И.Е., Жуковская Т.В. Палеоботанические метки геологической летописи в отложениях неогена и плейстоцена у г. п. Зельва Гродненской области // Літасфера. 2007. № 2 (26). С.40–54.
10. Якубовская Т.В. Очерк неогена и раннего антропогена Понеманья. Минск: Наука и техника. 1984. 160 с.

УДК 551.435.42(476)

Mikhail Komarovsky, Katherina Khilkevich
Belarusian State University, Minsk, Belarus

ICE-FLOW DIRECTION MOVEMENTS OF THE PRIPYAT AND POOZERYE GLACIATIONS WITHIN WESTERN BELARUS

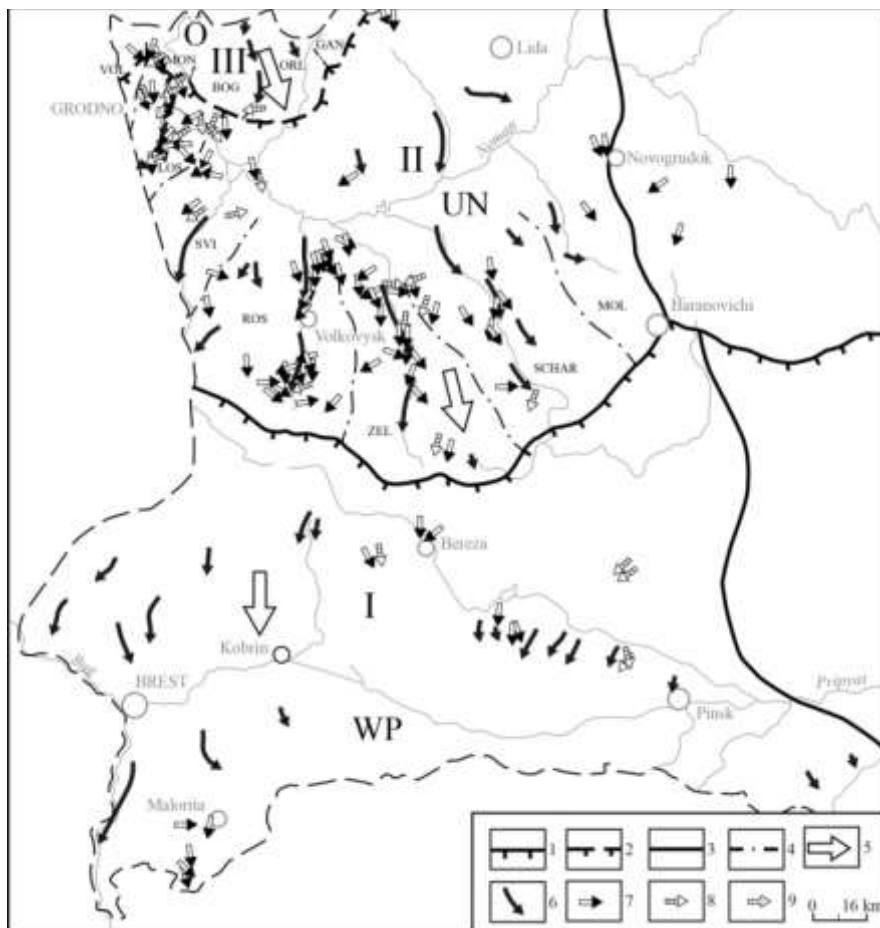
Deposits and landforms of the Pripyat and Poozerye glaciations are widely represented in western Belarus. Streamlined glacial landforms and compositional properties of moraines are important for the reconstruction of ice-flow directions and the geological activity of these ice-sheets. The Pripyat Glacier during its advance formed the West Polesyan Ice Stream, the Sozh and Poozerye Glaciers, the Neman and Riga Ice streams [Paleogeography..., 2002]. The West Polesyan Ice Stream occurred in the central part of the Bug River and the Upper Pripyat basins in south-western Belarus and also adjacent parts of the Ukraine and Poland [Matoshko, 2011]. The maximum limit of the Neman Ice Stream passed along the southern boundary of the Grodno-Novogrudok strip of marginal uplands. The Riga Ice Stream covered only northern part of the studied area and adjacent parts of Lithuania and eastern Poland.

Ice-flow directions and routs of the Scandinavian Ice Sheets were reconstructed on the basis of compositional properties of moraines, structural and geomorphological data. Ground moraines contain the in-depth information on ice-flow directions during the transgression phase of glaciations. Monolithic moraines dominate in western Belarus with the thickness ranging from 1 to 5–12 m. Ground moraines of different age occur as broken covers with small inclinations to the north. Younger moraines overlap older ones and, cut them and under-moraine quaternary deposits over bed rock and even deeper into bed rocks.

A dominance of Scandinavian crystalline rocks over transit and local sedimentary rocks is a special feature of the petrographic composition of the Dnieper moraine. The main part of transit rocks relates to limestones and sandstones. Percentage of local rocks is higher than in Sozh and Poozerye moraines. Two indicators – 1) the ratio of limestone and dolomites to sandstones (3.0) and 2) the ratio of siltstones and argillites to sandstones, dolomites and limestone (0.04) – indicates the correlation of the Dnieper moraine composition with Devonian bed rocks in northern Latvia and northwestern Lithuania. A high content of epidote, pyrite, biotite, dolomite and siderite, zircons and minerals of metamorphic group in the mineralogical composition of the Dnieper moraine witnesses that it is associated with Paleozoic bed rock deposits within the northern part of the Baltic area.

Transit rocks according to petrographic composition of detritus material of the Sozh moraine (limestone, siltstones and argillites, dolomites) are prevailing comparing with Dnieper moraine. The share of sandstones, scandinavian crystalline and local sedimentary rocks is decreasing. Keeping in mind the increased ratio of limestone and dolomites to sandstones (8.4) and the ratio of siltstones and argillites to sandstones, dolomites and limestone (0.19) the Sozh moraine has a relation with the matter composition of Paleozoic carbonate and Mesozoic terrigenous deposits, which are observed in western Lithuania. In southern part of the Neman Ice Stream the mineralogical composition of Sozh moraine slightly differs the Dnieper one. The content of ilmenite, tourmaline, ferrum hydroxide and phosphates is increased in the former one. Erratic indicators of crystalline rocks of the northern Sweden, Gulf of Bothnia, Aland Islands, southwestern Finland and the bottom of Baltic Sea were observed within the Sozh moraine.

Maximal content of transit rocks (limestone, dolomites, considerable number of siltstones and argillites) was revealed in gravel-pebble moraine fraction of the Riga Ice Stream. The content of crystalline rocks and sandstones decreases there. The ratio of limestone and dolomites to sandstones is maximal within it. The ratio of siltstones and argillites to sandstones, dolomites and limestone is smaller than in the Sozh moraine. Mineralogical indicators of the Riga Ice Stream within southern Lithuania are related to compositional properties of Mesozoic deposits in remote northwestern areas. The most typical erratic indicators of this ice-stream marginal zone are the Aland Islands and southwestern Finland rocks, red Baltic quartz porphyry and Dalarna porphyry from Middle Sweden [Viiding etc., 1971].



Legend: ice sheets and their boundaries: 1 – Sozh, 2 – Poozerye, 3 – ice divides in between streams and lobes, 4 – ice sheds in between tongues. Directions of ice movement according to data of: 5 – erratic indicators, 6 – orientation of glacial exaration valleys, 7 – glacial structures and dislocations, 8 – textural elements of basal moraines, 9 – coarse-grained material of basal moraines. Ice streams: I – West Polesye, II – Neman, III – Riga. Glacial lobes: WP – West Polesye, UN – Upper Neman, O – Ozersk. Ice tongues of the Sozh Ice Sheet: VOL – Volkushansk, LOS – Lososna, SVI – Svisloch, ROS – Ross, ZEL – Zelva, SCHAR – Schara, MOL – Molchad; the same of the Poozerye Ice Sheet: MON – Monkovcy, BOG – Bogushevsk, ORL – Orlovsk, GAN – Ganel'sk.

Ice movement during the Pripyat and Poozerye glaciations within western Belarus

Directions and movement paths of ice-streams in western Belarus were changed during different ice epochs (Fig. 1). The West Polesye Ice Stream of the Dnieper Ice Sheet flowed from north to south. It formed the West Polesye Lobe in the Bug River basin. Ice of this lobe fanned out from the axis and moved to southwest and southeast. The Neman Ice Stream of the Sozh glaciation moved forward to southeast and ended in the Upper Neman Lobe. On the transgressive phase the lobe was characterized by divergent movement, accompanied with appearance in its marginal zone of six active ice-tongues, which moved along glacial valleys in the southwestern, southern and southeastern directions. During the Last Glacial Maximum the Riga Ice Stream formed the Ozersk Lobe. It had close southwestern direction and better conditions for divergence. Submeridional and meridional ice tongues and ice sheds of tongues complicated the ice lobe margin.

Matoshko, A.V. Limits of the Pleistocene Glaciations in the Ukraine: A Closer Look. Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Ed. Ehlers, J., Gibbard, P. L., Hughes, P. D. – Amsterdam, 2011. P. 405–418.

Palaeogeography of Cenozoic of Belarus. Edited by Matveev, A.V. – Minsk, 2002. 164 p. (in Russ.).

Viiding, H., Gaigalas, A., Gudelis, V., Raukas, A., Tarvidas, R. Crystalline indicator boulders in the East Baltic Area, Vilnius, 1971. 96 p.

D. P. Plax

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

LATE EMSIAN PLACODERMS OF BELARUS

Late Emsian placoderms of Belarus are well known from the published lists [Plaksa, 2007; Plax 2008a; 2008b]. However, the general information on their localities in the territory of the Republic, that is, in which particular borehole and at which depth exactly they were found, so far has hardly been given. This paper is aimed to fill in this gap. By now various skeleton elements of the Late Emsian placoderms are reliably discovered in eleven boreholes within the territory of Belarus. They are: Vilchitsy 1, Berdyzh 1, Rogachev 736, Bobruysk 691/2, Osipovichy 6, Bykhov 151, Chashniki 53, Lepel 1, Latvishi 12, Murovshchina 1 and Buda Dal'nyaya 35. The first reliable finding of the Late Emsian placoderm was made in the territory of the country more than fifty years ago. The skullcap, trunk shield, a number of separate plates from the trunk shield and endocranium of phlyctaeniid which subsequently received the species name *Kartalaspis belarusica* Mark-Kurik were discovered in the deposits of the Vitebsk Regional Stage. The latter species has existed in literature as a nomen nudum for many years and is spelled in different ways (belorussica, byelorussica and belarussica) [Mark-Kurik, 2002]. This species is interesting in two aspects. Firstly, it was found in two distant localities, namely, in eastern Belarus and southeastern Estonia. In the territory of Belarus, *Kartalaspis* remains were found in the Vilchitsy 1 borehole in the Obol (depth 344.5 m) and Lepel (depth 327.6 m) Beds of the Vitebsk Regional Stage of the Upper Emsian Substage of the Lower Devonian. In southeastern Estonia, this species was found in deposits of the Rēzekne Formation of the Upper Emsian Substage of the Lower Devonian (Raigla 425 borehole, depth 272.2 m) [Mark-Kurik, 2002]. Secondly, it is the only phlyctaeniid from the Baltic area and Belarus with the endocrania preserved, even in two specimens.

In the last ten years, the author found several more representatives of the Late Emsian placoderms. So, in the Osipovichy 6 borehole in the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage the isolated small fragments of plates, fragment of the left anterior ventral plate, preorbital plates, fragment of the right paranuchal plate of cf. *Diadsomaspis* (depths 113.5 m, 113.8 m and 118.8 m) (Plate, Figs. 1, 2 and 3), fragment of the right paranuchal plate of *Euarthrodira* gen. indet. (depth 113.5 m) (Plate, Fig. 4), fragment of the left paranuchal plate of *Actinolepididae* gen. indet. (depth 113.8 m) (Plate, Fig. 5), small fragment plate of *Ptyctodontida* gen. indet. (depth 113.5 m) and the left mixilateral plate of *Antiarcha* gen. nov. Plax (depth 113.8 m) (Plate, Fig. 6) were found. Small fragments of plates of cf. *Diadsomaspis* were also found in the Bobruysk 691/2 borehole (depth 234.5 m). They are confined to the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage. From the above mentioned taxa of fish, taxon cf. *Diadsomaspis* is the most interesting, because the plate fragment of this taxon was also found in the deposits of the Rēzekne Formation in the territory of Lithuania (Liepkalnis 137 borehole, depth 631.2 m) [Mark-Kurik, 2002].

In deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage in the Lepel 1 (depth 274.8 m), Bobruysk 691/2 (depth 233.0 m) and Bykhov 151 (depth range of 240.6-278.0 m) boreholes separate small fragments of plates of armor and small imprints of Phlyctaeniina gen. indet. were found. In the Rogachev 736 (depth 293.0 m) borehole in the rocks of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage several small and one large fragment of plate of *Holonematidae* gen. indet. (Plate, Fig. 7) were found. Small fragments of plates of distal part of the pectoral fin of *Antiarcha* gen. indet. (depth 407.0 m) and isolated tubercles of *Acanthothoraci* gen. indet. (depth 410.0 m) were found in the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage of the Berdyzh 1 borehole. In the Buda Dal'nyaya 35 (depth 233.2 m) borehole small fragments of posterior ventro-lateral plate, two anterior dorso-lateral plates of *Coccosteidae* gen. indet. (Plate, Figs. 8 and 9), which come from the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage, were found. Interesting skeleton material on placoderms comes from the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage of the Chashniki 53 (depth range of 291.0-294.4 m), Lepel 1 (depth 271.0 m) and Latvishi 12 (depth 254.0 m) boreholes. In these boreholes the left anterior lateral plate, the right interlateral plate, one anterior ventro-lateral plate and spinal plate of *Ptyctodontida* gen. nov. Plax (Plate, Figs. 10, 11 and 12) were found, as well as several fragments of plates which relative position on the body of the fish cannot be identified.

According to J. Valiukevičius, V. Karatajūtė-Talimaa and S. Kruchek [Valiukevicius et al., 1995] in the Mstislavl 1 (depth range of 491.0-523.0 m) borehole in the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage the species *Millerosteus orvikui* (Gross) was found. However, now this species is a junior synonym of *Coccosteus cuspidatus* Miller ex Agassiz, which comes from the deposits of the Upper Eifelian (for example, the Kostyukovichy Regional Stage of Belarus or the Kernavė Regional Substage of the Baltic States), and true genus *Millerosteus* is known from the Givetian Stage of the Middle Devonian. Taking into consideration this fact it is possible to say that they made a mistake, and the found skeleton material belongs to a different genus of placoderms.

In conclusion, it should be noted that the findings of skeleton elements of the Late Emsian placoderms listed here are very important for understanding of the completeness of ichthyofauna assemblages of the time interval under consideration. It is encouraging that all known in Belarus the Late Emsian placoderms are given

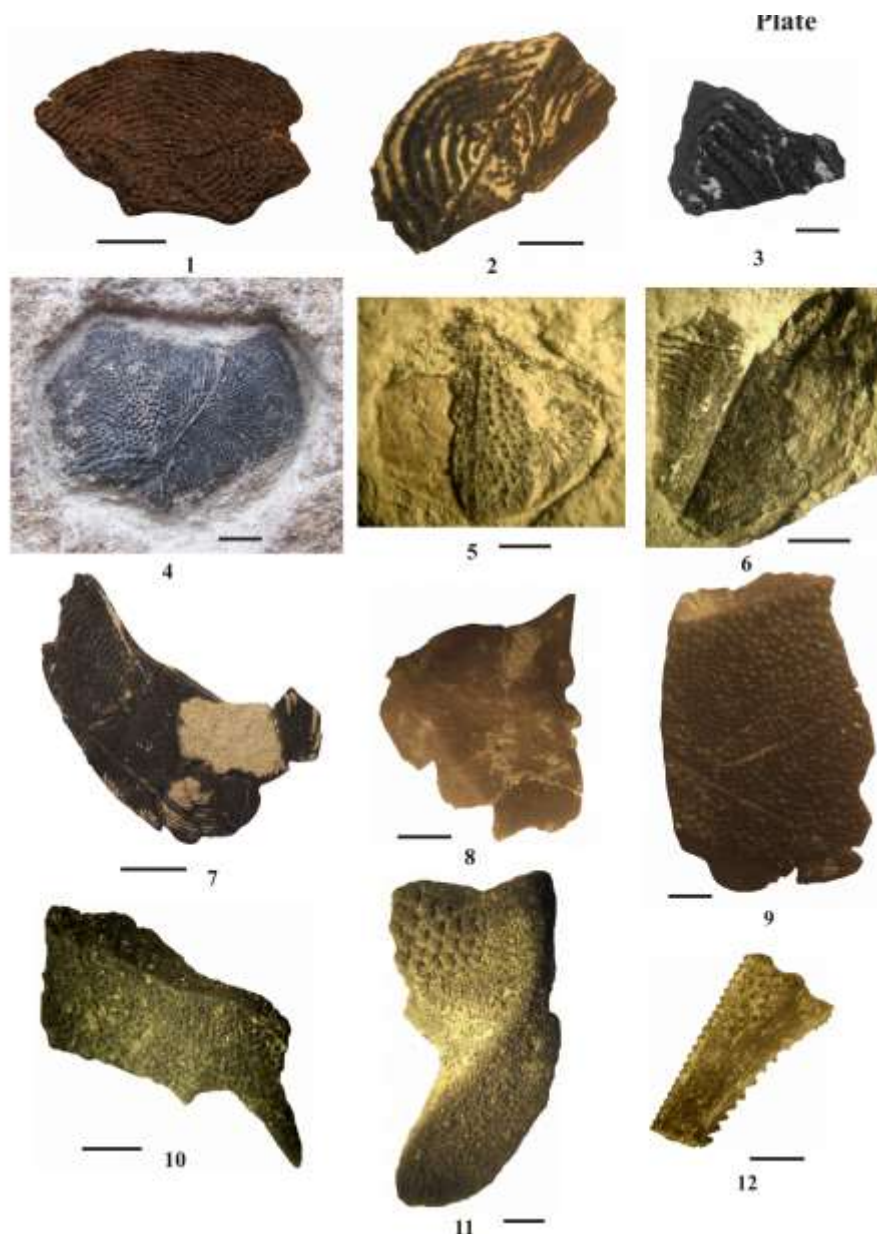


Plate – Placoderm plates from the Rogachev 732, Osipovichi 6, Buda Dal'nyaya 35, Lepel 1 and Chashniki 53 boreholes. The skeleton elements of placoderms from the Upper Emsian Substage, Lower Devonian. Scale bar of 8 mm for Fig. 7; 5 mm for Figs. 1, 4 and 5; 3.5 mm for Fig. 2; 3 mm for Fig. 11; 0.5 mm for Fig. 6; 0.4 mm for Fig. 10; 0.3 mm for Fig. 8; 0.25 mm for Fig. 3; 0.2 mm for Figs. 9 and 12.

Fig. 1 – cf. *Diadsomaspis*. Specimen № 44/1-21. Osipovichi 6 borehole, depth 118.8 m, fragment of the right paranuchal plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 2 – cf. *Diadsomaspis*. Specimen № 44/1-6. Osipovichi 6 borehole, depth 113.5 m, fragment of the left anterior ventral plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 3 – cf. *Diadsomaspis*. Specimen № 44/1-6a. Osipovichi 6 borehole, depth 113.5 m, plate fragment in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 4 – *Euarthrodira* gen. indet. Specimen № 44/1-7a. Osipovichi 6 borehole, depth 113.5 m, fragment of the right paranuchal plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 5 – *Actinolepididae* gen. indet. Specimen № 44/2-1. Osipovichi 6 borehole, depth 113.8 m, fragment of the left paranuchal plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 6 – *Antiarcha* gen. nov. Plax. Specimen № 44/2-2. Osipovichi 6 borehole, depth 113.8 m, fragment of the left mixilateral plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 7 – *Holonematidae* gen. indet. Specimen № 6/1-1. Rogachev 736 borehole, depth 293.0 m, plate fragment in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 8 – *Coccosteidae* gen. indet. Specimen № 51/2-2a. Buda Dal'nyaya 35 borehole, depth 233.2 m, fragment of anterior dorso-lateral plate in internal view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 9 – *Coccosteidae* gen. indet. Specimen № 51/2-2. Buda Dal'nyaya 35 borehole, depth 233.2 m, fragment of the left anterior dorso-lateral plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 10 – *Ptyctodontida* gen. nov. Plax. Specimen № 43/16-1. Chashniki 53 borehole, depth range of 291.0-294.4 m, anterior ventro-lateral plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 11 – *Ptyctodontida* gen. nov. Plax. Specimen № 43/16-2. Chashniki 53 borehole, depth range of 291.0-294.4 m, left anterior lateral plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Fig. 12 – *Ptyctodontida* gen. nov. Plax. Specimen № 47/71-7. Lepel 1 borehole, depth 271.0 m, spinal plate in external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

as the open nomenclature, which makes it difficult to use them for the purposes of stratigraphy. It is connected on the one hand with their insufficient study, and on the other hand with fragmented and sporadic nature of findings of their skeleton elements. The study of the Vitebsk deposits within the territory of the country is possible only with the help of boreholes but deep drilling is currently very limited, due to the lack of funding. Thus, it is unreal to hope to find massive skeletal material. That is why it is necessary to study in a more detailed way the available skeletal material, to re-examine the preserved palaeontologic collections of the Vitebsk Regional Stage in the Research and Production Center for Geology so as to find there fish remains and purposefully explore the core material of those not yet liquidated cores of boreholes which expose the deposits of the Vitebsk Regional Stage. Then it is necessary to study in details and describe placoderms which skeleton elements are well represented, and to publish these materials.

1. *Plaksa D.P.* Devonian (Late-Emsian – Frasnian) fish fauna of Belarus and its stratigraphic importance. – Candidate Thesis. Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus. - Minsk, 2007. 23 p. (in Russian with Belarusian and English summary).
2. *Plax D.P.* Late Emsian ichthyofauna of Belarus // *Geobiosphere events and the history of the organic world. Proceedings of the LIV Session of the Palaeontological Society of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg, April, 7-11, 2008).* – St. Petersburg, 2008a. – P. 136-137 (in Russ.).
3. *Plax D.P.* Devonian fish fauna of Belarus // *Lithosphere.* 2008b. – No.2 (29). – P. 66-92 (in Russ.).
4. *Mark-Kurik E.* *Kartalspis* and other Early Devonian arthrodires and their stratigraphic significance / *The Fifth Baltic Stratigraphical Conference. Basin stratigraphy / E. Mark-Kurik // Modern methods and problems.* – Vilnius. 2002. - P. 117-119.
5. *Valiukevičius J., Talimaa V., Kruckek S.* Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories // *Ichthyolith Issues. Special Publication 1 Socorro, New Mexico, 1995.* - P. 53-59.

УДК: 551.247 : 553.982.234

Siamak Mansouri-Far

Belarus State University, Minsk, Belarus

SALT DIAPIRS OF IRAN

Introduction. Six salt diapir provinces in Central Iran and very important diapir field in Zargos region have been studied earlier [Arian, 2012]. Diapir geological structures reveal the oil accumulation effect – trapping oil deposits around salt domes. The other economic importance is the possibility of the gas and oil underground storage in the salt caverns within diapiric structures. The aim of this work is the revising of the main salt diapirs of Iran, suitable for the gas and oil storage.

Geology. The main geological zones of Iran are: **1.** Central Iran, **2.** Sanandaj–Sirjan, **3.** Zagros, **4.** Alborz, **5.** Azerbaijan, **6.** Eastern Iran (Eastern Iran can be divided into two parts: Lut Block & Flysch or colored mélange of the Zabol–Baluch Zone), **7.** Southeastern Iran (Makran), **8.** Kopet Dag [Ghorbani, 2013]. Iran is rich in salt deposits, and they are found in various forms such as subsurface salt domes, salines, and salt gulfs. Evaporite series from Precambrian to present have been identified in many parts of Iran, but there are two major salt horizons as described by Helmi [2000]. Zagros diapirs are deeper and placed within Hormuz Series (Cambrian formation), which mostly spread in south of Iran. The other diapirs mostly locate within the Tertiary rocks in the Lower Red, Qom, and Upper Red Formations in Central Iran, Azerbaijan and eastern Iran (Fig. 1).

Iran is the second largest holder of natural gas reserves in the world and producer of the clean energy in the region. Therefore, gas storages and gas operation management is the strategic task in the gas supplying in Iran [Salsabelie, 2011]. Generally, gas storage may be done in two ways: gas storages in the porous rocks and in the salt dome caverns. Gas storages in the salt caverns show some advantages. It reveals the high gas flow rates, high injection capacity, complete gas recovery and some other advantages. That is why salt diapirs are the specific geological beds of great importance for the gas management.

Results. There are 115 salt domes in south of Iran, of which 101 are located between Bandar Abbas and Sarvestan and 14 in south of Kazerun [Helmi, 2000]. Besides, within the salt-bearing basin of Ardekan, salt domes outcrop in various shapes. As many as 80 salt domes have been counted in north of the desert near Ardekan–Yazd road including Namak-e Kalout, Haji Abad, and Rastagh in Yazd [Helmi, 2000]. Such deposits are also seen in other parts of Iran. There are many salt domes in Azerbaijan, and some of them are being exploited. Some examples of these salt domes are Douzkan, Alachigh, Khajeh, Shekarbolaghi, and Khoy-dou. There are also many salt domes along the Garmsar–Semnan axis, and some of these are of high purity [Helmi, 2000]. According to their argument, the sedimentary basin of Great Kavir is an intercontinental basin, which is filled with evaporate deposits, with a thickness of 6–7 km, from Eocene to the present. The Great Kavir basin has many salt domes, the highest concentration is located at the south side of the city of Semnan. At the west margin of this basin, there are two embayments of Qom and Garmsar (Fig. 2); each of them is in the form of a basin with separate salt domes.

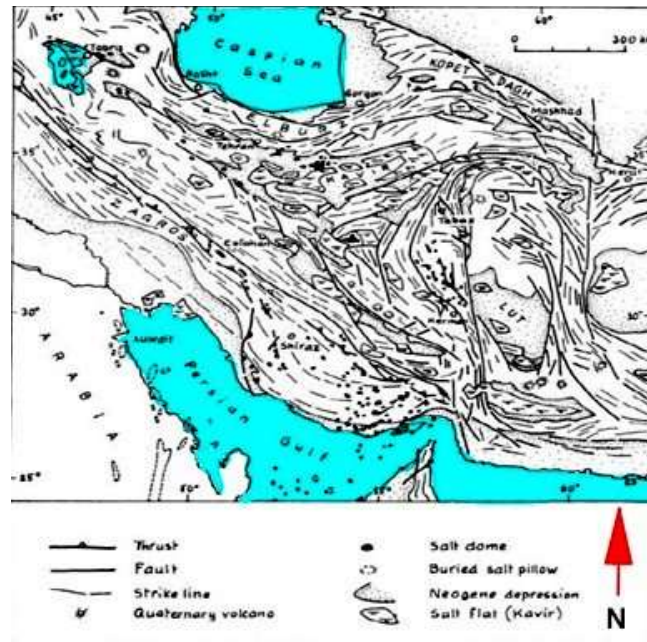


Fig. 1. Map of salt domes and salines in Iran [Jackson, 1990]

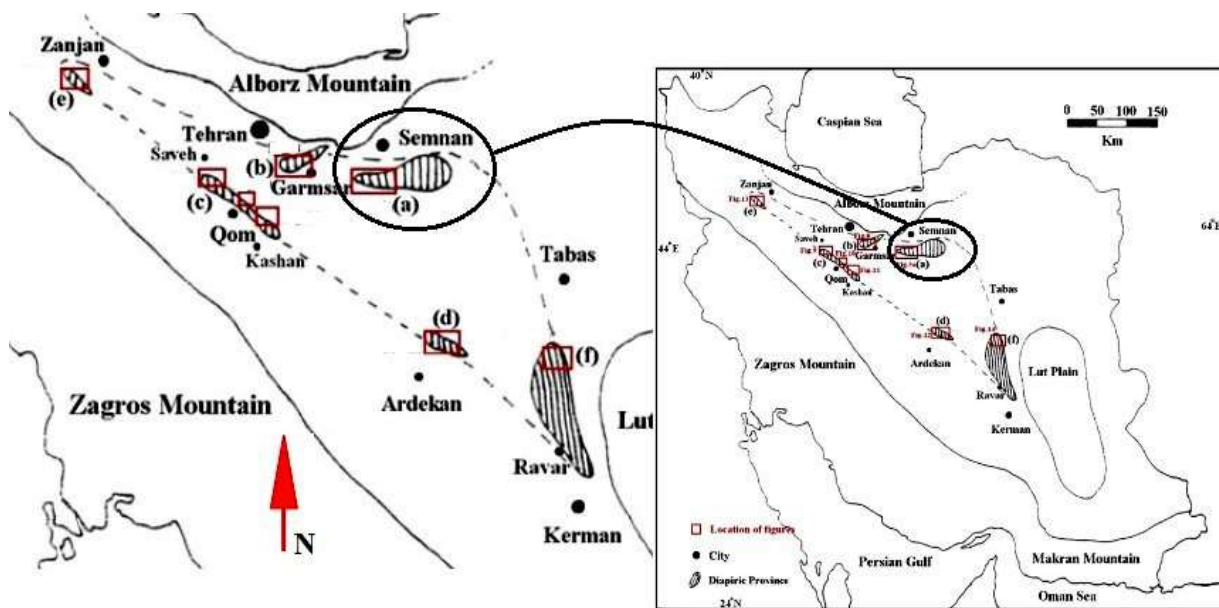


Fig. 2. South Semnan diapiric province in Central Iran [Pourkermani, 1997]

South of Semnan. More than 50 salt diapirs were defined in this area. Erosion has revealed 12 side-by-side diapirs (Fig. 3), and they look like doom-shaped roof. According to a group of researchers including [Gansser, 1955] and [Jackson, 1990], the salts observed in this region are of the new type. Moridi [1990] investigated salt domes at the southeastern side of Semnan interpreting their salt origin to the upper Eocene. The diapirism of this area can be assumed to have two separate origins [Arian, 2003].

The diapiric province of Great Kavir basin, south of Semnan can be considered the most extensive salt basin of Central Iran, because, based on previous studies, such as Jackson et al. [1990] and Arian, et al. [2003], there are old and new type of salt diapirs. In the Great Kavir penetration of interrelated diapirs with old and new salts occurs side by side or inside each other [Arian, 2004a].

Central Iran is a triangle zone that is bounded by Alborz and Zagros Mountains. According to age and geological setting of evaporitic deposits revealed by field work method, diapiric provinces of Central Iran have been determined and parted. The location and general trend of the six diapiric provinces are mapped from the border zones of Central Iran by investigation of ETM+ satellite images. Also, based on the shape and orientation investigations of salt domes, tectonic processes (orogenic displacement) are predominant in compare to halokinesis effects in Central Iran.



Fig. 3. Satellite image of the salt dome caprocks in the south Semnan (53,32 E & 34,57 N) [Google Earth]

Conclusions. Based on investigations of the shape and orientation of salt domes in Central Iran, six diapiric provinces have been introduced (see Fig. 2). These six diapiric provinces include the Great Kavir basin, the Garmsar basin, the Qom basin, the Kalot basin, the Yengikand basin and the Ravar basin. Salt diapirism of these provinces has orientations based on tectonic forces in the foreland basins of Central Iran. This effect is the consequence of the tectonic movement predomination in comparison with halokinesis of the salt rock beds. The salt diapirs shapes and orientations follow the main structural trends in different basins of Central Iran.

Acknowledgements. This work has been done at the Department of Dynamical geology, Belarusian state University, Minsk, Belarus. Also, special thanks for my supervisor Dr. Vladimir Samodurov for the help to me in the project fulfilling.

1. Arian M, (2012) Clustering of diapiric provinces in the central Iran basin. *Carbonates Evaporites* (2012) 27:9–18 DOI 10.1007/s13146-011-0079-9.
2. Arian M, Pourkermani M (2004a) Structural significance of north Semnan and Attary Faults in Alborz-Central Iran border zone. *J Sci Islamic Azad Univ* 14(53):4551–4569 (in Persian).
3. Arian M, (2003) Seismotectonic and earthquake-fault hazard investigations in the Kerman region. Research Institute of Applied Sciences.
4. Gansser A (1955) New aspects of the geology in Central Iran. In: *Proceeding of ForthWorld PetroleumCongress*, Rome, pp 278–300.
5. Ghorbani Mansour, (2013) *The Economic geology of Iran*. NewYork: Springer press.
6. Helmi F (2000) A depiction of halite and, potash, and their distribution in Iran. Geological Survey of Iran, Tehran.
7. Jackson M.P.A., Cornelius R.R., Craig C.H. and others. Salt diapirs of the Great Kavir, Central Iran. Geological Society of America, USBN 0-8137-1177-0, 1990.
8. Moridi AA, (1990) Diapirism investigation of salt domes in south Semnan. M.Sc. Dissertation, Structural Geology, Teacher Training University, Tehran Branch, pp 37–40 (in Persian).
9. Pourkermani M, Arian M (1997) Salt domes of Central Iran. *J Humanit Univ SistanBalouchestan* 3(2):29–41 (in Persian).
10. Salsabelie Mohamad, Brogerdie, Abass. Sherkatie, Shahram. (2011), Feasibility of natural gas storage in the central northern Iran, No. 78. (in Persian).
11. Google Earth. (<http://www.earth.google.com>). Access on 20th February 2015).

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Зуй В. И., Губин В. Н., Санько А. Ф., Мурашко Л. И.</i> Вклад академика Г. В. Богомолова в изучении недр Беларуси.....	3
<i>Али А. А.</i> Аль-Робай Стратиграфия и континентальный аллювий Ирака.....	6
<i>Балашов К. Ю., Мотузко А. Н.</i> Геолого-геоморфологическая характеристика местонахождений ископаемой фауны млекопитающих на территории Жлобинского района.....	7
<i>Богомолов Ю. Г., Станкевич Р. А.</i> Открытие и использование минеральных вод в г. Минске.....	9
<i>Василёнок Е. А.</i> Прогнозирование нефтеносных структур в пределах Гировской площади Припятского прогиба по данным сейсморазведки.....	13
<i>А. А. Волчек, Н. Н. Шешко</i> Изменения уровневого режима грунтовых вод территории национального парка «Беловежская пуща».....	15
<i>Воронкова Н. Ф.</i> Проблемы развития минерально-сырьевой базы горнодобывающей промышленности Беларуси.....	17
<i>Галкин А. Н., Жогло В. Г.</i> Об управлении литотехническими системами и его инженерно-геологическом обосновании.....	19
<i>Голованова И. В., Сальманова Р. Ю.</i> Учёт искажающего влияния палеоклимата при оценке температур глубоких горизонтов западной части Республики Башкирстан.....	21
<i>Грибик Я. Г., Зуй В. И., Сусленко А. Л.</i> Опыт создания теплообменников в скважинах Людвиновская 1т и Ново-Ельская 43т Припятского прогиба.....	24
<i>Губин В. Н., Кузьмин В. Н., Зуй С. И.</i> Цифровая модель разломно-тектонической кинематики в рамках стандарта NADM-C1.....	27
<i>Демежко Д. Ю., Горностаева А. А., Коноплин А. Д., Глазачев И. В.</i> Тепловая активность горных пород как петрофизический параметр: измерение и приложения в науках о Земле.....	29
<i>Джозеф Огар</i> Ловушки и коллекторы нефтяных месторождений дельты Нигера и Припятского прогиба... ..	31
<i>Дзям'яненка М. А.</i> Інжынерна-геалагічныя ўмовы будаўніцтва буларуска-кітайскага індустрыяльнага парка.. ..	34
<i>Дубаневич М. А.</i> Анализ изменений уровневого режима подземных вод в нарушенных эксплуатацией условиях на водозаборах г. Минска в период 2000–2013 гг.....	36
<i>Жидкова Т. А.</i> Индикация литологического состава четвертичных отложений и уровней залегания грунтовых вод Гродненской возвышенности и Средненеманской низины на основе использования космической информацией.....	38
<i>Жогло В. Г., Будник Н. И., Махнач А. А., Грибик Я. Г.</i> О влиянии галитовой минерализации продуктивных отложений на особенности разработки залежей нефти I и IV блоков Березинского месторождения в Припятском прогибе.....	41
<i>Ильин В. П., Бабец М. А., Зуй В. И.</i> Высокоточная термометрия для мониторинга и диагностики экологически ответственных объектов.....	43
<i>Ильин В. П., Бабец М. А., Зуй В. И.</i> Высокоточная термометрия для измерений в скважинах.....	44
<i>Карабанов А. К., Лопух П. С., Гледко Ю. А.</i> Проблемы оценки ресурсов пресных подземных вод на территории Беларуси.....	46
<i>Карабанов А. К., Богдасаров М. А., Рылова Т. Б., Моисеенко В. Ф.</i> О возрасте дочетвертичных отложений, вскрытых скважиной «Свищево» в Каменецком районе Брестской области.....	48
<i>Карабанов А. К., Богдасаров М. А., Рылова Т. Б., Литвинюк Г. И.</i> Новые данные о геологическом строении четвертичных отложений в опорном разрезе «Речица» Березовского района Брестской области.....	51
<i>Колташников Г. А., Смирнова Г. Ф., Литвинович К. Р., Шкода В. И.</i> Значение изучения курса «Инженерная геология» в ВУЗах страны.....	53
<i>Коробейников Б. И.</i> Оценка рисков и методы мониторинга подземных вод в пределах экологоопасных промышленных объектов.....	54
<i>Кручек С. А., Саченко Т. Ф., Обуховская В. Ю.</i> Об ордовикских отложениях опорной скважины Островец 1 (Северо-западная часть Беларуси).....	56
<i>Кудрявцева К. В.</i> Гидрогеохимическая характеристика антропогенного загрязнения подземных вод водозабора «Новинки».....	58
<i>Кутырло В. Э., Самодуров В. П.</i> Программа расчётов истинной мощности рудного горизонта при бурении под углом к простиранию.....	61
<i>Лаптёнок С. А., Левданская В. А., Карпинская Е. В., Минченко Е. М., Лазар И. В., Дубина М. А.</i> Оценка воздействия геодинамических процессов на показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями методом расчёта коэффициентов конкордации.....	62
<i>Лаптёнок С. А., Морзак Г. И., Хорева С. А., Гордеева Л. Н., Минченко Е. М., Осипов А. В.</i> Пространственная корреляция динамики литосферы и показателей онкологической заболеваемости.....	64
<i>Левашкевич В. Г., Глаз А. С.</i> Температурные аномалии в скважинах подземных хранилищ газа.....	66
<i>Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г.</i> Структура базы данных химического загрязнения рек и	

озёр Беларуси.....	68
Мамчик С. О., Кручек С. А., Каримова Л. А., Клименко З. М. О составлении легенды для геологической карты дочетвертичных отложений территории Беларуси.....	72
Махнач В. В. Корреляция келловей-оксфордских отложений по аммонитовым зонам в пределах северной части Припятского прогиба.....	74
Москалев О. М., Голушко Д. И. Ураноносность пород Белорусского кристаллического массива.....	76
Москалев О. М., Даниленко В. В. О состоянии изученности Припятского прогиба на урановое сырьё.....	78
Мурашко Л. И., Мурашко О. В. Голоценовые отложения учебного полигона геостанции «Западная Березина».....	80
Мурашко Л. И. Полезные ископаемые палеогеновой системы Беларуси.....	82
Мякота В. Г. Распространение опасных геологических процессов в пределах трасс магистральных трубопроводов Беларуси.....	83
Оношко М. П., Глаз А. С. Эколого-геохимическая карта территории 30-км Зоны влияния Островецкой АЭС.....	85
Павловский А. И., Галкин А. Н. Техногенные грунты на территории Гомеля.....	88
Петрова Н. С. Калийный рудогенез хлоридного типа в Припятском внутриконтинентальном рифте: процессы и механизмы.....	89
Петрова Н. С., Денисова Н. Ю., Шакуля М. И. Сопряженный анализ осадочного выполнения и развития тектонических структур в период формирования калиеносной субформации в центральной зоне Припятского палеорифта.....	91
Петрова Н. С., Денисова Н. Ю. Изотопные равновесия в отложениях средневерхнефаменской соленосной формации краевой северо-западной зоны Припятского прогиба.....	94
Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко Реконструкция палеотемператур стадиялов и интерстадиялов раннепротерозойского времени.....	96
Самодуров В. П., В. Э. Кутырло, Витовец В. А. Строение, состав и ритмичность формирования первого калийного горизонта Старобинского месторождения калийных солей по данным цифрового анализа керна скважин.....	98
Самодуров В. П., Шутин С. Г., Мансури-Фар С. Моделирование динамики движения рассолов в камерах подземного растворения солей.....	100
Санько А. Ф., Лаухин С. А., Ларин С. И., Максимов Ф. Е. Озёрная малакофауна межстадиала сартанского криохрона (МИС-2) с Иртыш-Ишимского междуречья.....	102
Санько А. Ф., Ярцев В. И., Дубман А. В. Литофациальный анализ в комплексе инженерно- геологических изысканий.....	104
Сенько А. Н. Руководящие кристаллические валуны ложбины Долгое.....	107
Сивенков А. Ю. Геоморфологические геоиндикаторы проявлений процессов поверхностного соляного карста в пределах солейотвалов Солигорского горно-промышленного района на основе космической информации.....	108
Творонович-Севрук Д. Л., Лукашёв О. В. Распределение Mn, Ni, Co и Cr в аллювии речной сети пгт. Глуск.....	110
Творонович-Севрук Д. Л. Особенности распределения растворённых Cu и Zn в речных водах Беларуси в период 1991—2008 гг.....	111
Трацевская Е. Ю. К вопросу о деформационных свойствах трёхфазных слабосвязанных грунтов в условиях динамического нагружения.....	114
Хилькевич Е. В. Инженерно-геологические условия ледниковых ложбин Беларуси.....	116
Чертко Н. К. Геохимия четвертичных отложений Беларуси.....	117
Шершнев О. В., Прилуцкий И. О. Уточнение геолого-гидрогеологических условий в пределах действующей сети мониторинга подземных вод промышленного объекта.....	119
Юдаев С. А. Геологические критерии разведки и прогнозирования строительно-сульфатного сырья Беларуси.....	121
Юдаев С. А., Шидловская А. В. Благородные металлы в коренных и рыхлых отложениях Беларуси.....	123
Якубовская Т. В., Литвинюк Г. И., Моисеенко В. Ф. Новая граница между неогеном и квартером на территории Беларуси.....	126
Mikhail Komarovskiy, Katherina Khilkevich Ice-Flow direction vjvements of the Pripyat and Poozerye glaciations within Western Belarus.....	128
Plax D. P. Late emsian placoderms of Belarus.....	130
Siamak Mansouri-Far Salt diapirs of Iran.....	132

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ГИДРОГЕОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Материалы IX Университетских чтений

Минск, 3 апреля 2015 г.

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *А. Ф. Санько*
Компьютерная вёрстка *Д. Л. Твороновича-Севрука*
Дизайн обложки *К. Ю. Балашов*
Дизайн макета *Richter Nordmann*²⁰¹⁵

Подписано в печать 15.03.2015. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная.
Ризография. Усл.печ. л. 16,1 Уч.-изд. л. 13,7
Тираж 100 экз. Заказ 150

Белорусский государственный университет.
ЛИ № 02330/0494425 от 08.04.2009.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика
В республиканском унитарном предприятии
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
ЛПН № 02330/0494178 от 03.04.2009. Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск